25
557
Nr. 16.

SOCIÉTÉ
PHILOMATHIQUE DE PARIS.

ANNÉE 1861.

EXTRAIT DE L'INSTITUT,

JOURNAL UNIVERSEL DES SCIENCES ET DES SOCIÉTÉS SAVANTES
EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER.

1re Section.—Sciences mathématiques, physiques et naturelles.

Rue du Marché-St-Honoré, 7, à Paris.

576.44
S675
165792

SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE DE PARIS.

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

PENDANT L'ANNÉE 1861.

PARIS,
IMPRIMERIE DE COSSON ET COMP.,
RUE DU FOUR-SAINT-GERMAIN, 43.
1861.

SMITHSONIAN
SEP 07 1993
LIBRARIES

SMITHSONIAN
LIBRARY

SOCIÉTÉ
PHILOMATHIQUE
DE PARIS.

SÉANCES DE 1861.

Séance du 12 janvier 1861.

GÉOMÉTRIE. — M. Catalan a fait à la Société dans cette séance la communication suivante :

Soient m, p, q et k des nombres entiers, tels que l'on ait

$$p < m,\ k \begin{matrix} = 1 \\ < \frac{1}{2} \end{matrix} m,\ m - 2k = q;$$

Soit, dans le développement de $(1+1)^m$, S_k la somme des termes de rang $k+1$, $k+p+1$; $k+2p+1$,... On a

$$\cos^m \frac{\pi}{p} \cos q \frac{\pi}{p} + \cos^m \frac{2\pi}{p} \cos 2q \frac{\pi}{p} + \ldots + \cos^m \frac{p\pi}{p} \cos pq \frac{\pi}{p}$$
$$= \frac{p}{2^m} S_k$$

En particulier, la fonction contenue dans le premier membre se réduit à

$$\frac{p}{2^m} \cdot \frac{m(m-1)\ldots(m-k+1)}{1.2\ldots\ldots\ldots k},$$ lorsque $k+p$ surpasse $m+1$.

Par exemple,

$$\cos^{13} \frac{\pi}{11} \cos^{13} \frac{7\pi}{11} + \cos^{13} \frac{2\pi}{11} \cos \frac{14\pi}{11} + \cos^{13} \frac{21\pi}{11} + \ldots\ldots$$
$$+ \cos^{13} \pi \cos 7\pi = \frac{11}{2^{13}}.286.$$

Chimie organique. *Nouvel acide obtenu par l'oxydation de la nitrobenzine.* — MM. S. Cloëz et Ernest Guignet ont fait aussi dans cette séance la communication suivante, relative au nouvel acide qu'ils ont obtenu et dont ils décrivent les propriétés.

La nitrobenzine est oxydée à l'ébullition par une dissolution de permanganate de potasse, comme nous l'avons annoncé dans une précédente communication. Il se forme du carbonate, de l'oxalate et du nitrate de potasse, plus un sel de potasse contenant un acide particulier très peu soluble dans l'eau.

Cet acide se précipite quand on ajoute de l'acide chlorhydrique à la dissolution séparée par filtration de l'oxyde de manganèse.

Quand on fait bouillir de la nitrobenzine avec une dissolution de permanganate de potasse, il se produit des soubresauts assez violents qui rendent l'opération un peu difficile à conduire. Aussi avons-nous cherché à remplacer le permanganate par un autre agent d'oxydation.

Un mélange d'acide nitrique et de bichromate de potasse attaque facilement la nitrobenzine à la température de l'ébullition, qui cette fois a lieu sans le moindre soubresaut. Il faut avoir soin de mettre la nitrobenzine en grand excès. L'opération est terminée quand la couleur orangée du bichromate a complétement disparu pour faire place à la couleur verte du nitrate de chrome.

C'est sans doute à cause de la solubilité de la nitrobenzine dans l'acide nitrique que l'oxydation par l'acide chromique du bichromate peut s'opérer plus facilement que par le permanganate. En effet, si l'on remplace l'acide nitrique par l'acide sulfurique étendu d'eau, qui ne dissout presque pas de nitrobenzine, la réduction du bichromate n'est complète qu'après plusieurs jours d'ébullition. Le produit de la réaction est d'ailleurs de même qu'avec l'acide nitrique.

Le nouvel acide, étant soluble à chaud dans la nitrobenzine, se dépose, par le refroidissement, en petits cristaux blancs qui restent en suspension dans l'excès de nitrobenzine employée dans la réaction. On sépare cette nitrobenzine et on

l'agite vivement avec un excès d'ammoniaque qui dissout le nouvel acide, plus un acide formant un sel jaune foncé, qui ressemble beaucoup à l'acide picrique.

La dissolution ammoniacale est précipitée par l'acide chlorhydrique. Le nouvel acide se dépose, on le lave à l'eau distillée afin d'enlever le sel ammoniac et en même temps l'acide jaune qui l'accompagne.

La dissolution de nitrate de chrome est traitée de la même manière, elle donne aussi une certaine quantité du même acide.

Voici quelles sont les principales propriétés de ce nouveau produit :

Il est incolore, d'une saveur acide et un peu amère ; il se présente en fines aiguilles groupées irrégulièrement. Il est fusible à une température peu élevée et volatil sans résidu ; il cristallise très nettement, par sublimation, en aiguilles brillantes et flexibles. Très peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau bouillante, il se dissout aisément dans l'alcool, l'éther, la nitrobenzine. Il est soluble à chaud dans l'acide acétique et cristallise par le refroidissement.

Plusieurs analyses exécutées sur divers échantillons du nouvel acide provenant soit de l'action du permanganate, soit de celle du bichromate de potasse sur la nitrobenzine, nous ont conduit à la formule : $C^{18} H^{7} (Az O^{4}) O^{6}$.

Les analyses ne s'accordent pas avec la formule de l'acide nitrophénique, ni avec celle de l'acide nitrobenzoïque dont les propriétés présentent une certaine analogie avec celles de notre nouvel acide.

Pour établir la formule avec certitude, nous nous occupons d'analyser le sel d'argent et d'étudier les transformations que les agents d'oxydation ou de réduction pourront faire subir à ce nouveau produit.

Si nos expériences ultérieures confirment la formule précédente, le nouvel acide devrait être regardé comme un produit d'oxydation de l'acide nitrocinnamique : $C^{18} H^{7} (Az O^{4}) O^{4}$.

Nous avons d'ailleurs opéré sur la nitrobenzine du commerce ; et l'acide que nous avons étudié peut provenir de l'oxydation d'un corps étranger contenu dans ce produit.

Séance du 26 janvier 1861.

Percement du mont Cénis. — M. de Caligny a annoncé dans cette séance, d'après des lettres qu'il a reçues de Piémont, de Suisse et de Savoie, que les machines à comprimer de l'air au moyen des chutes d'eau établies pour le percement du mont Cénis sur le versant italien ont donné un résultat satisfaisant, ou que du moins on en a essayé cinq avec succès. Déjà M. Daniel Colladon, de Genève, lui avait écrit, le 12 décembre dernier, *qu'on était content du peu de réparations qu'avait entraînées le jeu prolongé du premier compresseur mis en essai.* On lit d'ailleurs dans le journal l'*Italiano* du 23 décembre : « Dalla parte di Bardoneche sono gia montati cinque compres- » sori, chevennere sperimontati, ed il cui risultato non poteva » essere piu soddisfacenti, » d'après un rapport de M. l'ingénieur en chef Ranco, du 29 novembre dernier. Mais sur le versant français les machines ne sont pas encore montées, et M. de Caligny croit devoir critiquer la disposition d'après laquelle, au lieu d'appliquer directement des compresseurs à une chute d'eau, il est vrai beaucoup moins grande que celle du versant italien, on commence par élever de l'eau avec des pompes mues par des roues hydrauliques, pour former une chute motrice factice égale à celle de ce dernier versant. Il soutient que cela est une faute grave, qu'on aurait facilement évitée, en choisissant pour le versant français une autre de ses machines à comprimer de l'air au moyen des chutes d'eau. On a adopté, dit-il, pour Bardonêche le *principe d'oscillation dans un siphon renversé à trois branches.* M. de Caligny croit que le principe d'oscillation à écoulement extérieur avant chaque période aurait été d'une application très facile à la chute d'eau dont il s'agit pour le versant français, d'autant plus que le système est si simple qu'il peut même n'avoir à la rigueur *qu'une seule pièce mobile,* sauf les soupapes à air.

Chimie. — M. d'Almeida a fait aussi dans cette séance la communication suivante :

La propriété que possède le zinc amalgamé d'être presque inattaqué par l'acide sulfurique étendu d'eau est expliquée

généralement par une homogénéité de la surface du zinc résultant de l'amalgamation. Toutefois cette homogénéité est difficile à comprendre. Ajouter un métal étranger, ce n'est pas enlever les impuretés existantes, c'est en introduire dans toute la masse, c'est provoquer une attaque plus vive. Et si le zinc amalgamé résiste, l'aluminium amalgamé, loin d'être rendu inattaquable par les agents chimiques, devient, par le fait même de son amalgamation, analogue à un métal alcalino-terreux.

Une autre théorie qui rendrait compte de la propriété du zinc amalgamé consiste à admettre qu'il est préservé par une couche d'hydrogène du contact de l'acide. Daniell, dans son mémoire sur la pile, fait cette supposition.

Cette note a pour but de faire connaître des observations et des expériences nouvelles sur ce sujet.

1. En réalité, si l'on considère une lame de zinc amalgamé plongée dans l'acide sulfurique étendu, on reconnaît la présence d'une couche d'hydrogène entourant le zinc. Il suffit de jeter les yeux sur cette lame pour s'en convaincre : le gaz se forme en bulles assez grosses pour qu'on les aperçoive. Ces bulles se dégagent peu à peu, et à mesure que l'une d'elles s'élève, de petites bulles la remplacent, grossissent et montent à leur tour après avoir atteint des dimensions suffisamment considérables. Lorsque l'acide sulfurique n'est pas très étendu, les bulles grossissent vite et se dégagent assez promptement. Enfin, lorsque par un moyen mécanique les bulles d'hydrogène sont enlevées, de nouvelles se forment immédiatiment.

Ainsi le zinc amalgamé est attaqué par l'acide sulfurique étendu, et il est à penser que l'hydrogène adhérent le protége contre le contact de l'acide et ralentit l'attaque. Malgré tout, cette protection n'est pas complète.

2. Cette adhérence de l'hydrogène pour le zinc amalgamé semble résulter de l'amalgamation, car elle a lieu avec tous les métaux amalgamés. On le reconnaît en décomposant l'eau et en prenant pour électrode négative une lame soit de cuivre, soit de plomb, soit de tout autre métal amalgamé d'avance.

L'hydrogène ne s'en détache que péniblement et en grosses bulles.

3. On le démontre aussi en formant une pile dont le cuivre est amalgamé. Sur le cuivre l'hydrogène reste à mesure qu'il s'y développe et la pile s'arrête presque entièrement.

4. Le même effet est produit si l'on construit une pile avec du mercure purifié qui remplace le cuivre : l'hydrogène reste sur le mercure.

5. A quoi cette adhérence tient-elle ? C'est une adhérence du gaz pour les surfaces qui ne présentent aucune aspérité ou du moins aucune arête vive et saillante. Ces surfaces retiennent l'hydrogène.

6. On le démontre en contruisant une pile avec du zinc amalgamé et avec un métal poli, tel que l'argent, tel que le papier d'étain ; l'hydrogène reste adhérent sur le métal poli et la pile s'arrête.

7. Le zinc ordinaire parfaitement poli retient l'hydrogène comme le zinc amalgamé. Il n'est dès lors attaqué que lentement, du moins dans les premiers instants. A mesure que l'attaque a lieu, le métal se creuse peu à peu, les aspérités se forment, se multiplient; l'hydrogène ne reste plus adhérent et le zinc est attaqué.

C'est pour cela que, dans la préparation de l'hydrogène avec des lames de zinc, le dégagement est lent au début : les lames polies retiennent l'hydrogène et sont protégées.

8. Le zinc pur est très difficilement attaqué par l'acide sulfurique étendu. La même théorie en rend compte.

En effet, le zinc pur s'attaque avec une telle régularité que sa surface devient polie, au point que, tout d'abord, on pourrait croire qu'il est tout fraîchement amalgamé. On voit en même temps les bulles de gaz y adhérer et préserver le métal.

De tout cela il résulte que le zinc amalgamé est très bien attaqué par l'acide sulfurique étendu d'eau ; mais l'hydrogène développé par suite de l'attaque est retenu à la surface et forme un vernis protecteur.

Séance du 16 février 1861.

Physique. — M. du Moncel a communiqué à la Société, dans cette séance, les résultats de ses recherches sur la détermination des constantes voltaïques.

Dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences dans sa séance du 11 février (1), j'ai démontré, dit-il, que, quand on emploie pour la détermination des constantes voltaïques des boussoles rhéométriques à multiplicateurs, il faut faire subir aux formules ordinaires donnant la valeur ces constantes une correction en y introduisant un facteur t dépendant du nombre de tours de l'hélice du multiplicateur. Alors les formules deviennent

$$E = \frac{II'(r'-r)}{t(I-I')}, \quad R = \frac{tE}{I} - (R+\rho).$$

Toutefois, en attribuant à t une valeur exclusivement en rapport avec le nombre des spires des hélices du multiplicateur, il serait difficile d'expliquer la valeur de la même quantité déduite de l'expérience et de la formule

$$t' = \frac{tI''I'''(I-I')(r'''-r'')}{II'(I''-I''')(r'-r)},$$

qui est toujours moins grande que celle qui résulte du rapport $\frac{t'}{t}$.

En effet, la moyenne des valeurs de $\frac{t'}{t}$ fournies par l'expérience a été 1,54 pour l'hélice de 50 tours comparée à l'hélice de 24, et 2,35 pour l'hélice de 100 tours comparée à l'hélice de 24. Or les rapports réels de ces hélices, eu égard à leur nombre de tours, sont, dans le premier cas, 2,08, dans le second, 4,17. Une différence aussi considérable prouve nécessairement qu'il existe dans les effets des multiplicateurs sur l'aiguille de la boussole une cause particulière qui tend à affaiblir l'augmentation de force produite par la multiplication

(1) Voir *l'Institut*, n° du 14 février 1861.

des spires. Quelle est cette cause? C'est ce que nous allons examiner.

Si l'on considère que l'hélice galvanométrique de 24 tours est la première enroulée sur le cadre du multiplicateur, que celle de 50 tours est enroulée en second lieu, enfin que celle de 100 tours enveloppe le tout, et qu'entre ces différentes hélices se trouve interposée une feuille assez épaisse de papier isolant, on comprendra facilement que la distance moyenne des spires de chaque hélice par rapport à l'aiguille aimantée est différente pour chaque multiplicateur, et comme les forces électro magnétiques sont évidemment proportionnelles aux carrés des distances, on aura par ce seul fait un décroissement de force assez marqué d'une hélice à l'autre qui devra heureusement être corrigé dans la formule donnant la valeur de I, et qui pourra être d'ailleurs imputé au facteur t. Car si nous représentons par d ce nouveau coefficient, la formule donnant la valeur de I' sera

$$I' = \frac{t' E}{(R + r' + \rho') d} \text{ ou } I' = \frac{E}{R + r + \rho'} \times \frac{t'}{d}.$$

Supposons, pour fixer les idées, que la distance moyenne des spires de la première hélice à l'aiguille aimantée soit 8 millimètres, que la distance moyenne des spires de la deuxième hélice soit 9 millimètres, enfin que cette distance soit pour la troisième hélice 11 millimètres. Comme l'action du courant s'effectue en dessus et en dessous de l'aiguille, les effets produits seront doublés et devront être inversement entre eux : : $(8 \times 2)^2 : (9 \times 2)^2 . (11 \times 2)^2$, c'est-à-dire : : 256 : 324 : 484. Par conséquent, pour que les effets des multiplicateurs soient comparables, il faudra que le facteur t soit divisé, pour la seconde hélice, par $\frac{324}{256}$ pour la troisième par $\frac{484}{256}$; ce qui donne, dans le premier cas, $t = 1,58$, dans le second cas $t = 2,21$. Ces chiffres ne sont pas tout à fait semblables à ceux déduits de l'expérience, mais ils s'en rapprochent assez pour qu'on ne doive pas attribuer les légères différences que

l'on remarque à d'autres causes que celles qui sont la conséquence de mesures approximatives.

Quoi qu'il en soit, c'est toujours aux chiffres donnés par l'expérience qu'il faut s'en rapporter de préférence, car on ne peut faire entrer dans les calculs toutes les irrégularités de construction qui se présentent dans un instrument. D'ailleurs le facteur t, intervenant dans le dénominateur de la fraction exprimant la valeur de I comme multiplicateur de ρ, se trouve encore modifié quand on le déduit de l'intensité des courants comme cela arrive par l'emploi de la formule

$$t = \frac{I'' I''' (I - I')}{I I' (I'' - I''')}.$$

Quant à la résistance intérieure de la pile, elle est toujours invariable, quel que soit le multiplicateur que l'on emploie, car dans l'expression

$$R = \frac{I' t (r' + \rho) - I t (r + \rho)}{t I - t I'},$$

la quantité t disparaît, et cette valeur ne peut même varier avec les multiplicateurs que par la quantité ρ, qui est toujours tellement petite relativement aux quantités r et r', qu'elle s'efface naturellement. Il en résulte que les rapports $\frac{E}{R}$ qui expriment la valeur de I peuvent être représentés par des fractions ou par des nombres fractionnaires, suivant l'instrument que l'on emploie, et qu'ils ne peuvent fournir de résultats comparables que quand on fait intervenir le facteur t. De là vient le désaccord apparent entre les chiffres donnés par les différents physiciens, et ce motif à lui seul montre la nécessité qu'il y a de ramener l'évaluation des constantes au cas où le rhéomètre se compose d'un circuit faisant une seule révolution autour de la boussole. Toutefois nous devons dire que, pour la détermination des résistances R, la méthode d'Ohm est défectueuse quand on emploie des résistances r et r' considérables, parce que ces résistances s'effacent devant les résistances additionnelles, et les moindres erreurs d'observation frappent tellement les calculs qu'une variation

d'une ou deux minutes dans l'intensité du courant entraîne souvent des différences de plusieurs centaines de mètres. Il serait donc mieux de déterminer expérimentalement ces résistances par la méthode du galvanomètre différentiel en introduisant dans le circuit les résistances r, r', et de déterminer les forces électromotrices par la formule ordinaire corrigée

$$E = \frac{I(R + r + \rho)}{t}.$$

Dans ce cas, la valeur de t pourrait être déterminée plus simplement; car, dans l'équation

$$t = \frac{I(R + r)}{E - I\rho},$$

la quantité $I\rho$ pouvant être négligée, on obtient pour deux multiplicateurs la relation suivante :

$$\frac{t'}{t} = \frac{I'(R + r)E}{I(R + r)E} = \frac{I'}{I},$$

qui est du reste la même que celle que nous avons déjà donnée en cherchant à obtenir cette relation au moyen de la formule

$$R = \frac{tE}{I} - (r + \rho).$$

Séance du 23 février 1861.

Géométrie. — Une note de M. Abel Transon fait connaître les propriétés générales d'un ensemble de droites menées par tous les points de l'espace suivant une loi quelconque.

Si X, Y, Z représentent les cosinus des angles que fait avec les trois axes une droite menée par le point x, y, z, on reconnaît premièrement que les droites ainsi construites peuvent toujours se répartir, et cela d'une infinité de manières différentes, en groupes normaux à des surfaces distinctes. Secondement, pour exprimer la situation respective de celles de ces droites qui se rapportent à des points infiniment voisins, il faut avoir présente la loi de coordination des lignes infiniment voi-

sines, normales à une même surface. Or, si A N est la normale d'une surface au point A, les normales relatives aux points très voisins de A rencontrent toutes deux droites, qu'on peut appeler leurs *directrices*, qui sont élevées perpendiculairement à AN, et situées dans deux plans perpendiculaires entre eux. — Ce beau théorème est de Sturm (*Comptes rendus*, t. xx. 1845). — Cela posé, soit O un point de l'espace, et OO′ la droite menée par ce point conformément à la loi des trois cosinus X, Y, Z. On trouve qu'il y a toujours un cône du second degré ayant son sommet en O, la ligne OO′ étant une de ses arêtes, et dont la forme est pour le reste dépendante des fonctions X, Y, Z. Il y a aussi toujours un paraboloïde hyperbolique dont OO′ est une génératrice et dont un des plans directeurs est perpendiculaire à cette même ligne OO′. — Ce cône et ce paraboloïde servent à définir comme il suit la coordination des droites du système relatives à tous les points voisins de O. Il suffit de concevoir un angle dièdre droit ayant OO′ pour arête, et pivotant sur cette ligne. Dans chacune de ses positions, cet angle interceptera deux arêtes du cône et deux génératrices du paraboloïde. — Soit P le plan des deux arètes du cône : soient D_1 et D_2 les deux génératrices correspondantes du paraboloïde. — *Les droites du système, issues de tous ces points infiniment voisins de O qui sont situés dans le plan P, ont entre elles et avec OO′ les relations d'un groupe de lignes infiniment voisines normales à une même surface ; D_1 et D_2 sont les deux directrices de ce groupe.*

Séance du 2 mars 1861.

Percement du mont Cenis. — M. A. de Caligny a adressé, dans cette séance, une nouvelle note relative à cette opération et faisant suite à sa communication du 26 janvier dernier. Il y expose des considérations sur les effets de la chaleur dans les siphons renversés à trois branches, qui fonctionnent au mont Cenis.

Pour savoir, dit-il, quelle quantité de travail peut être absorbée par suite du développement de chaleur ou d'autres phénomènes, tels que l'électricité, etc., dans l'action des co-

lonnes liquides en mouvement, sur l'air qu'elles compriment, il n'est pas nécessaire de prendre les précautions, difficiles peut-être à combiner avec les travaux existants, que pourrait occasionner l'étude de ce qu'après un certain temps deviennent ces phénomènes, au moins ceux de la chaleur.

Pour ne parler que de ces derniers, il propose de les étudier à l'origine, c'est-à-dire de déterminer, autant que possible, le degré de chaleur de l'air comprimé dans les tuyaux qui communiquent des machines comprimantes avec le grand récipient d'air. S'il y a quelque erreur dans cette mesure, elle paraît devoir être plutôt en moins qu'en plus ; on en tiendra compte.

Or, si l'on connaissait ce degré de chaleur et la densité de l'air comprimé, on chercherait d'abord à y appliquer, au moyen du calcul, les résultats, ou, si l'on veut, les *hypothèses* sur *l'équivalent mécanique de la chaleur*, proposés par M. Séguin, et développés, d'après divers auteurs, dans le *Traité de physique* de l'École polytechnique, par M. Jamin, professeur à cette école, t. 2, 1859, p. 432 à 440. *Supposant*, en nombre rond, que le travail absorbé pour élever à trente degrés au moins au-dessus de la température extérieure l'air comprimé à six atmosphères ne diffère pas beaucoup d'un quart du travail *théorique* nécessaire pour comprimer cet air à six atmosphères et le refouler dans le grand récipient qui doit le contenir, il sera facile de voir si cette hypothèse s'accorde avec l'effet utile qui sera mesuré. On aura donc un moyen de contrôler ou la mesure de cet effet utile, ou les *hypothèses* sur l'équivalent mécanique de la chaleur, de manière au moins à resserrer les chances d'erreur entre certaines limites.

Dans le cas où, par exemple, on prétendrait que l'effet utile serait de soixante-douze pour cent du travail moteur dépensé par la chute d'eau, l'hypothèse précédente conduirait d'abord à un déchet de dix-huit pour cent, quant à la partie du déchet attribuée au développement de chaleur dans l'air comprimé, si toutefois cet effet utile était en air comprimé supposé *ensuite refroidi* à la température de l'air extérieur.

Il ne resterait donc que dix pour cent afin d'expliquer

toutes les autres causes du déchet, et comme ce serait *probablement trop peu*, on en conclurait déjà qu'il serait *probablement* nécessaire ou de recommencer l'expérience, ou de conclure que l'hypothèse ci-dessus relativement à la quantité de travail perdue par le développement de chaleur dans l'air comprimé serait inexacte.

Il est bien entendu que ces chiffres *n'ont ici pour but* que d'expliquer la pensée de M. de Caligny, relativement à des expériences sur la chaleur, qu'il propose de faire au mont Cenis; et que d'ailleurs il n'attache à ces chiffres aucune importance sérieuse, dans l'état actuel de nos connaissances. Mais ils suffiraient pour faire concevoir comment on peut parvenir à des limites évidemment assez tranchées pour en tirer des conclusions utiles à la physique et à l'industrie, en profitant, même avec quelques chances d'erreur, de la possibilité de faire des observations *sur une si grande échelle.*

On peut d'ailleurs, dit-il, arriver, par voie d'exclusion, à quelque chose de plus positif, en étudiant les autres causes de déchet, dont plusieurs peuvent être observées directement. D'ailleurs, ses études sur les frottements et autres résistances passives des grandes colonnes liquides oscillantes trouveront ici une nouvelle application et auront une occasion d'être développées, quand on connaîtra bien la durée et la course de chaque oscillation.

On sait que, dans la séance de l'Académie des sciences du 19 janvier 1857, M. Poncelet a déclaré lui-même que les phénomènes de la chaleur, de l'électricité, etc., devaient désormais être considérés dans l'étude de la percussion des corps; mais qu'on n'avait jusqu'alors, à ce sujet, que des données très incomplètes. Il est donc utile de signaler l'occasion qui se présente au mont Cenis.

Cela est d'autant plus opportun, continue M. de Caligny, que, dans les *Relazioni techniche intorno al perforamento delle Alpi*, la question de la chaleur n'a pas été suffisamment traitée, même abstraction faite des considérations précédentes.

Ainsi, l'effet utile calculé pour trois premières séries d'expériences (voir les deux premières lignes de la page 49 du rapport dont il s'agit) aurait été sensiblement diminué si l'on

avait attendu que l'air comprimé fût refroidi. Je me permettrai, dans les intérêts mêmes de la commission qui a fait ce rapport, de faire l'observation suivante :

Dans deux ensembles d'expériences rapportées à la page précitée et à la précédente, on voit que la quantité d'air comprimé à chaque période est *moindre* dans la dernière série d'observations que dans les trois précédentes. La commission (p. 49) attribue principalement ces différences notables à la difficulté de faire les lectures sur le tube indicateur pendant qu'il y a du mouvement. Mais les différences s'étant présentées *deux fois* dans le même sens, et étant trop grandes pour ne pas attirer l'attention, il est intéressant d'en signaler une autre cause, en montrant que cela ne paraît pas devoir infirmer un résultat définitif.

En effet, la commission a déclaré ne s'arrêter *définitivement* qu'à l'ensemble des *quatre* observations faites sans que la machine s'arrêtât, la première et la dernière lectures étant faites pendant l'état de repos. Il s'est donc passé un certain temps entre l'époque où la machine a été arrêtée à Saint-Pierre d'Arena, et celle où la dernière lecture a été faite. *Pendant ce temps*, l'air comprimé aura pu se refroidir par tout l'ensemble des parois du grand récipient. Il a, par conséquent, diminué de volume, et il n'est pas étonnant que le *volume* d'air comprimé à chaque période, dans la dernière série de périodes de la machine, soit moindre que pour les trois premières séries.

En cherchant à y appliquer le calcul, au moyen des expériences de M. Regnault sur la dilatation de l'air et sur les effets de la vapeur d'eau mêlée à l'air, M. de Caligny confirme son assertion, autant qu'il peut le faire d'après ce qui est dit dans le rapport, où les données relatives à la chaleur ne sont pas, selon lui, assez développées, ce qui est une raison de plus, pour lui, de fixer ses idées sur les bases objet de cette note.

Il annonce en terminant que, d'après un journal de Turin, du 31 janvier dernier, cinq compresseurs font marcher, depuis le 15 janvier, un *perforateur* du côté de Bardonèche, sur le versant italien du mont Cenis. Il annonce aussi, d'après un

journal allemand, du 21 février, qui cite une lettre écrite de Turin par un ingénieur, et datée du 30 janvier, qu'on « a » constaté un effet utile en air comprimé disponible de soixante- » dix pour cent au moins, mais on a lieu de croire qu'il y a » plus. » M. de Caligny, en annonçant purement et simplement ce résultat, sans pouvoir en garantir l'exactitude, remarque d'ailleurs que, d'après cette lettre, l'air n'aurait été comprimé qu'à cinq atmosphères dans les expériences dont elle parle. Il s'agit, quant à l'objet de cette note, de savoir si l'effet utile a été mesuré au moyen de volumes d'air encore *échauffé* ou déjà *refroidi*. La lettre dit qu'une partie de la conduite d'air était *encore ensevelie sous les neiges*.

Si l'on trouve le travail absorbé par la production de chaleur notablement moindre que dans l'hypothèse ci-dessus, ce sera une raison de plus pour penser qu'on a bien fait de ne pas élargir la chambre de compression de l'air, comme on aurait pu essayer de le faire pour diminuer les vitesses de la colonne liquide comprimante, la production de chaleur étant fonction de ces vitesses selon une loi qui n'est pas assez connue. Cette remarque, ajoute M. de Caligny, montre que la méthode, objet de cette note, aurait, par cela seul, des conséquences pour l'industrie, en permettant d'étudier les meilleures conditions du système, etc.

Paléontologie. *Faune carcinologique des terrains quaternaires.* — M. Alphonse-Milne Edwards a présenté sur cette faune les remarques suivantes.

En examinant les Crustacés fossiles qui se rencontrent dans les diverses couches de l'époque quaternaire, et principalement dans le Midi, j'ai été frappé, dit-il, du nombre des espèces actuelles que l'on y retrouvait. Tous les Crustacés fossiles que ces couches ont fournis ont pu jusqu'à présent être identifiés avec ceux qui vivent aujourd'hui sur les mêmes rivages. Pour les Mollusques, il n'en est pas de même. Ainsi sur 124 espèces on en a signalé 39 qui ont complétement disparu, et 9 qui ont émigré dans d'autres mers. Près de Palerme, au mont Pelegrino, on trouve un assez grand nombre de carapaces de Crabes dont les couleurs ont été à peine altérées; j'y ai constaté l'existence du *Maïa squinada*, si com-

mun dans la Méditerranée, du *Gonoplax rhomboides*, de l'*Ilia Nucleus*, de la *Calappa granulata*, du *Xantha floridus*.

En France, près de Nice, à la presqu'île de Sainte-Hospice, on retrouve ces mêmes espèces, et, de plus, Risso y a signalé l'*Eriphia spinifrons* et le *Pagurus Bernhardus*. — Dans des couches très-remarquables que l'on doit rapporter à l'époque quaternaire, et qui existent sur les rivages de l'Asie depuis la mer Rouge jusqu'au Japon, on trouve un nombre considérable de Crustacés brachyures, dont quelques-uns appartiennent à des espèces éteintes, tandis que d'autres habitent encore les mêmes parages. Depuis longtemps déjà on connaissait dans les collections un grand et beau Crabe provenant de ces localités. Desmarest le décrivit sous le nom de *Portunus leucodon*, nom qui lui fut conservé par M. Reuss, dans son bel ouvrage sur les Crabes fossiles. Mais j'ai pu me convaincre que cette dernière espèce n'était que nominale, et qu'il y avait identité spécifique entre elle et la *Scylla serrata* (Forskal) ou *Portunus tranquebaricus* (Fab.) qui abonde aujourd'hui dans les mêmes mers. On rencontre également dans ces couches une petite espèce actuelle de Leucosiens, l'*Ixa canaliculata*.

On avait cru retrouver dans les terrains pliocènes ou tertiaires supérieurs quelques Crustacés de notre époque. Ainsi M. Eug Sismonda avait signalé dans les marnes subapennines du Piémont des pinces appartenant au *Pagurus striatus* de Lamarck; mais, après un examen minutieux du fossile, j'ai pu m'assurer qu'il ne pouvait être confondu avec l'espèce vivante; cependant, en raison de l'analogie qu'il offre avec elle, je l'ai désigné sous le nom de *Pagurus substriatus*. En Afrique, M. Deshayes a rencontré dans les assises pliocènes inférieures des environs d'Oran un magnifique spécimen de Crabe ayant beaucoup de rapports avec le *Platycarcinus Edwardsii*, qui habite aujourd'hui les côtes du Chili; mais ce fossile s'en distingue par plusieurs caractères importants et doit former une nouvelle division spécifique sous le nom de *Platycarcinus Deshayesi* (A. Edw.).

Ainsi, les espèces de notre époque, autant que l'on peut en juger dans l'état actuel des connaissances carcinologiques, ne

paraissent pas avoir dépassé l'époque quaternaire, puisque toutes celles des terrains tertiaires en sont bien distinctes.

Géométrie. — M. Mannheim a communiqué aussi dans cette séance les résultats suivants :

1. Une transversale tourne autour d'un point fixe O et remonte en A, A_1....., des courbes données (A), (A)....., on prend sur cette transversale un point M tel que

$$\xi \frac{\lambda}{OA} = \frac{\mu}{OM};$$

le point M décrit une courbe (M), on a

$$(1) \quad \xi \frac{\lambda}{\rho \cos^3 \alpha} = \frac{\mu}{\rho_m \cos^3 \varphi}.$$

ρ est le rayon de courbure de (A) en A et α l'angle de ce rayon et de la transversale, de même pour ρ_m et φ relativement à la courbe (M).

2. Lorsque les courbes (A) (A_1)..... se réduisent à une seule et que

$$\xi \frac{1}{AO} = \frac{m}{OM}$$

d'après le théorème de Cotes, le point M décrit une ligne droite et la relation (1) se réduit à

$$(2) \quad \xi \frac{1}{\rho \cos^3 \alpha} = 0.$$

Cette relation indépendante de la position du point fixe O est donc vraie pour une transversale ; on peut la déduire d'une belle relation due à M. Liouville. Elle conduit à des conséquences intéressantes.

3. Si l'on a deux courbes (A) et (A_1) le point M étant déterminé par la relation

$$\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA_1} = \frac{2}{OM},$$

on a d'après (1)

$$(3) \quad \frac{1}{\rho \cos^3 \alpha} + \frac{1}{\rho_1 \cos^3 \alpha_1} = \frac{2}{\rho_m \cos^3 \varphi}.$$

Le point M est l'harmonique conjuguée du point O par rapport à A et A_1. Lorsque le point O est à l'infini, les transversales sont parallèles entre elles, et le point M décrit une ligne diamétrale pour laquelle la relation (3) subsiste.

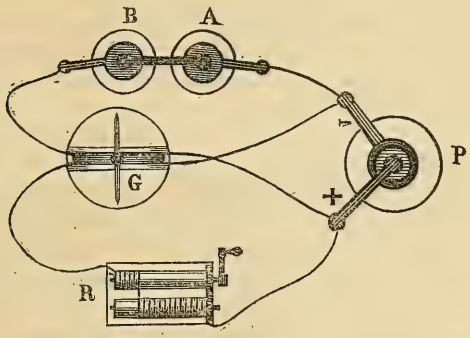
En combinant les relations (2) et (3), on arrive à de nombreuses conséquences. En voici une :

On coupe une courbe du troisième ordre par une corde A, A_1, A_2, on prend le milieu B du segment AA_1 compris entre les points A, A_1 où cette corde coupe la courbe, ce point B fait partie d'une ligne diamétrale (B) correspondant à la direction AA_2 ; on décrit une conique osculatrice à la courbe donnée en A_2, et touchant la ligne diamétrale (B) en B, son rayon de courbure en B est la moitié du rayon de courbure de la ligne diamétrale au même point.

Physique. *Pile voltaïque.* — M. Th. du Moncel a communiqué également dans cette séance à la Société la note suivante sur les variations des constantes des piles voltaïques.

Il y a déjà longtemps (en 1840), dit-il, M. Jacobi, à la suite d'expériences nombreuses, avait démontré que les valeurs de la force électromotrice et de la résistance d'une pile, calculées d'après les formules d'Ohm, varient suivant la résistance du circuit intérieur. Depuis, MM. Despretz, de la Rive, Poggendorff ont reconnu le même effet et l'ont attribué soit à la polarisation des lames métalliques du couple, soit à une sorte de dépôt isolant dont se recouvrirait le zinc sous l'influence du courant. Mais les petites résistances employées par les illustres physiciens dont je viens de parler, ne leur avaient permis que de constater le phénomène sans leur faire présumer la grandeur de la variation avec des circuits très résistants. Généralement on regardait ces variations comme excessivement petites, tellement petites qu'on croyait qu'elles étaient négligeables dans la pratique ; mais plusieurs expériences que j'avais faites m'ayant fait entrevoir qu'elles pouvaient être au contraire très considérables, je résolus d'étudier cette question d'une manière plus sérieuse ; et comme devant des résistances très grandes la valeur de R

pouvait se trouver dissimulée, je cherchai à l'obtenir par l'observation directe. J'employai pour cela la méthode de M. Poggendorff, qui consiste à faire passer à travers deux couples égaux, A et B, opposés l'un à l'autre, le courant d'un troisième élément P, et de faire passer en même temps ce courant à travers un galvanomètre différentiel G, dont le second fil est en rapport avec un second circuit issu du même électromoteur et sur lequel se trouve interposé un rhéostat R. Avec ce système la quantité de fil déroulé de dessus le rhéostat pour ramener à zéro l'aiguille du galvanomètre différentiel indique la résistance des deux éléments interposés dans l'un des circuits; de sorte que la moitié de cette quantité donne la valeur de R.



Comme il est très difficile d'obtenir deux éléments parfaitement égaux, j'emploie pour ce système de détermination une méthode analogue à celle de la double pesée qui consiste à mesurer deux fois la valeur de R en intervertissant les communications du circuit avec les deux couples; sans cette précaution, on pourrait commettre des erreurs assez fortes. Il arrive en effet que, sous l'influence de l'inégalité des couples, il se produit un courant différentiel qui réagit d'une manière double dans les deux circuits du galvanomètre différentiel, soit en renforçant le courant de l'électromoteur P dans le circuit où sont interposés les deux éléments et en l'affaiblissant dans

le circuit du rhéostat, soit en produisant une réaction inverse quand on intervertit les communications avec les deux éléments. Or il résulte de cette réaction que quand on rétablit l'équilibre du galvanomètre différentiel dans les deux dispositions de l'expérience, la résistance qu'on a déroulée représente,. dans un cas, celle des deux couples interposés, plus la résistance nécessaire pour contrebalancer l'action du courant différentiel de ces couples ; dans l'autre cas, cette même résistance des deux couples diminuée de celle correspondant au courant différentiel. Comme les circuits sont égaux en résistance dans les deux cas, on peut regarder la résistance opposée par le courant différentiel et que nous appellerons x comme étant la même ; de sorte que l'on pourra poser, en appelant T, T′ le nombre de tours du rhéostat,

$$2R + x = T$$
$$2R - x = T'$$

d'où $$R = \frac{T + T'}{4}.$$

Si une résistance additionnelle r est interposée dans chacun des circuits, cette équation devient

$$R = \frac{(T + T')f - 2r}{4},$$

f représentant la valeur en unités de fil télégraphique correspondante à un tour du rhéostat.

Au moyen de cette méthode, j'ai mesuré la valeur de R pour différents éléments de Bunsen et de Daniell, employant tantôt des circuits sans résistance, tantôt des circuits avec des résistances de 10 et de 20 kilomètres. J'ai toujours trouvé que la valeur de R variait d'une manière très notable et qu'elle augmentait d'autant plus que les résistances r r', etc , étaient plus considérables. Ainsi, dans une série d'expériences faites avec deux couples de Daniell, j'ai trouvé : 1° R = 584 mètres avec 20 kilomètres de résistance interposés dans le circuit ; 2° R = 541 mètres avec une résistance de 10 kilomètres ; 3° R = 406 mètres avec un circuit sans résistance. Dans une autre série d'expériences faites avec des éléments de Bunsen

de mêmes dimensions que les éléments de Daniell précédents, j'ai trouvé : 1° R = 127 mètres avec un circuit de 10 kilomètres ; 2° R = 37 mètres avec un circuit sans résistance. En employant les formules d'Ohm, j'ai trouvé des résultats complétement analogues. Ainsi l'observation de MM. Jacobi, Despretz, de la Rive, Poggendorff s'est trouvée confirmée de la manière la plus manifeste, seulement avec des écarts beaucoup plus grands qu'ils ne l'avaient soupçonné.

Du reste, les variations des constantes voltaïques ne dépendent pas seulement de la résistance du circuit extérieur, le temps plus ou moins prolongé de la fermeture d'un circuit est une cause d'affaiblissement notable du courant qui peut provenir, soit de l'augmentation de la résistance R, soit de la diminution de la force électromotrice. Quand l'élément est fraîchement chargé, cette diminution de l'intensité du courant est la conséquence de l'augmentation de la résistance R. Quand, au contraire, l'élément est presque épuisé, l'affaiblissement vient à la fois de la diminution de la force électromotrice et de l'augmentation de la résistance R. On peut avoir la preuve de cette assertion par les chiffres suivants :

Moyennes des constantes d'un élément de Daniell fraîchement chargé (système Callaud) au moment de la fermeture du circuit.

E = 8821 R = 843 mètres I = 10,46

Moyennes des constantes du même élément après 12 heures de fermeture du circuit.

E = 8996 R = 1069 mètres I = 8,41

Avec le système de détermination par le galvanomètre différentiel, cette augmentation de la valeur de R est en quelque sorte visible à l'œil. Ainsi R étant égal à 578 mètres pour un élément Daniell au moment de la fermeture du circuit s'est trouvé porté à 935 mètres après 12 heures de fermeture du même circuit.

Avec un élément Daniell épuisé, les constantes, qui sont ordinairement E = 7650, R = 600 mètres, se sont trouvées réduites à E = 2838, R = 800 mètres.

Tous ces effets tiennent vraisemblablement à la polarisation des lames métalliques des couples ; mais pour qu'on puisse bien comprendre comment cette réaction peut intervenir, il

importe de bien s'entendre sur le mot polarisation dont tout le monde se sert et que bien peu de personnes comprennent.

Dans les piles de Bunsen, dont les zincs sont amalgamés, la polarisation des couples vient du dépôt sur le zinc des bulles d'hydrogène électrisées positivement; mais dans les piles de Daniell ce dépôt est tellement minime, qu'on pourrait considérer la polarisation comme nulle, et elle l'est pour ainsi dire avec des zincs neufs et amalgamés. Toutefois, comme, au bout d'un certain temps de service, les zincs de ces piles se recouvrent d'un dépôt abondant brun et d'aspect rugueux, qui paraît le plus souvent recouvert de cuivre déposé, les effets changent considérablement. En effet, quand après avoir fermé le circuit pendant longtemps à travers l'une de ces piles, on l'interrompt et on agite ces zincs, on voit immediatement se dégager une certaine quantité de bulles de gaz qui étaient demeurées inaperçues, cachées qu'elles étaient dans les interstices du dépôt rugueux. Or, c'est ce dépôt qui dans les piles de Daniell fournit tous les effets de la polarisation. En effet, si on prend le zinc d'une pile de Daniell qui a longtemps servi et qu'avec les deux fils d'un galvanomètre, on cherche à étudier les polarités de ce zinc, on reconnaît que quand l'un des fils est en rapport avec l'appendice négatif et que l'autre est mis en contact avec les différentes parties du dépôt à l'intérieur du cylindre, il se produit immédiatement un courant assez énergique pour faire dévier de 60 à 80 degrés l'aiguille d'un galvanomètre peu sensible. Or, quand le zinc est neuf ou amalgamé, cet effet n'a plus lieu; il n'a pas lieu davantage quand on gratte le dépôt à l'intérieur du zinc et qu'on touche le métal ainsi mis à nu avec le bout de fil qui avait fait précédemment dévier le galvanomètre. Enfin, en appliquant ce même fil sur le dépôt à l'extérieur du cylindre de zinc, on ne constate de courant que quand le fil touche les parties du zinc les plus voisines de l'intérieur du cylindre, et encore ce courant est à peine appréciable. Plus le courant a passé longtemps à travers un couple, plus les courants particuliers dont nous venons de parler sont énergiques, de sorte qu'il est permis d'attribuer en partie ces derniers à une polarisation qu'auraient acquise,

sous l'influence du courant de la pile, les dépôts dont les zincs sont recouverts. Comment réagit cette polarisation? C'est ce que nous allons chercher à analyser.

Les dépôts dont sont recouverts les zincs des piles de Daniell, étant polarisés en sens contraire du zinc et étant en contact avec lui, sans contribuer à la réaction chimique provoquant le dégagement électrique, ils tendent à créer à travers le circuit un courant en sens contraire du courant principal et constituent pour lui un obstacle qui se traduit par une augmentation de la résistance du couple; et, en second lieu, permettent au courant allant du zinc au cuivre à travers le dépôt de se dériver et de former de petits courants locaux nécessairement nuisibles. De cette double réaction résulte : 1° l'augmentation de la force électromotrice et de la résistance du circuit avec la durée de la fermeture du courant et avec l'accroissement du circuit extérieur; 2° l'augmentation de la résistance du couple quand on agite le zinc d'une pile de Daniell recouvert du dépôt dont nous avons parlé.

En effet, le courant de polarisation dont nous avons parlé, pouvant avoir son intensité représentée par $\frac{e}{R+r+\rho}$, si le circuit avait été libre (1), donne à l'intensité du courant de la pile l'expression $\frac{E-e}{R+r}$, qui montre déjà que la force électromotrice mesurée $(E-e)$ doit augmenter avec la valeur de r, puisque la quantité e est d'autant plus petite que r est plus grand. D'un autre côté, comme de l'équation $I = \frac{E-e}{R+r}$ on tire $R = \frac{(E-e)}{I} - r$, qui ne diffère de la formule ordinaire que par la quantité e qui y entre négativement, on peut conclure comme précédemment que R doit augmenter avec r, puisque e étant d'autant plus petit que r est plus grand, le numérateur de la fraction précédente se

(1) e représentant la force électromotrice de ce courant, laquelle est d'autant plus grande que le courant de la pile est plus énergique, ρ représentant la résistance du dépôt, quantité qui peut être confondue avec R.

trouve augmenté dans un rapport d'autant plus grand qu'il est divisé par une fraction.

Du reste il est facile de démontrer que l'augmentation de la force électromotrice avec l'accroissement de la résistance du circuit extérieur est la conséquence même de l'augmentation de la résistance R. En effet, soit E′ la force électromotrice déterminée au moyen d'un circuit extérieur r, qui a provoqué une augmentation de la résistance R et l'a rendue R′, la valeur de cette force E′ sera, d'après les formules d'Ohm, représentée par $E' = I'(R' + r')$; mais si R n'avait pas subi d'augmentation, on aurait eu, avec la même résistance r, $E = I(R + r)$, et de cette équation on tire $r = \frac{E}{I} - R$. En substituant cette valeur de r dans la première équation, on a

$$E' = I'\left(R' = \frac{E}{I} - R\right) \text{ ou } E = \frac{I'}{I}E' + I'(R' - R).$$

Si l'on considère que les variations de la résistance R s'effacent devant la valeur de r par rapport à l'intensité du courant qui est constatée, on en conclut que le rapport $\frac{I'}{I}$ est bien voisin de l'unité, et que par conséquent la nouvelle force électromotrice E′ se trouve augmentée, eu égard à ce qu'elle aurait été, sans l'accroissement de la résistance R, de la quantité $I'(R' - R)$ quantité d'autant plus forte que le circuit extérieur est plus résistant, mais qui est toujours beaucoup moins forte que celle correspondant à l'accroissement de R. Cette augmentation de la force électromotrice est-elle réelle ou bien n'est-elle que la conséquence de l'application des formules de Ohm aux données fournies par l'expérience?... C'est ce qu'il est bien difficile de décider *à priori*. M. Jacobi, tout en croyant que la force électromotrice se trouve augmentée avec la résistance du circuit extérieur, pense que cette augmentation est forcément amplifiée par l'application des formules d'Ohm, et il le démontre même mathématiquement au moyen d'un calcul facile que j'ai rapporté dans mon Étude sur les lois des courants (page 35). Voici pourtant une

expérience qui semblerait indiquer que cette augmentation de la force électromotrice est bien réelle.

Si on oppose l'un à l'autre deux couples de Daniell le plus égaux possibles et qu'on interpose dans le circuit un galvanomètre sensible, on pourra, en modifiant la hauteur des liquides, les disposer de manière à ne fournir aucun courant différentiel. Si on fait l'expérience avec deux éléments dont les vases sont incrustés et qu'après avoir obtenu l'inertie de l'aiguille du galvanomètre à zéro, on remplace l'un des vases poreux incrustés par un vase poreux neuf, la résistance du couple sur lequel on aura fait la substitution sera augmentée, ainsi que je l'ai démontré dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences l'année dernière, et on verra immédiatement l'aiguille du galvanomètre dévier sous l'influence du courant différentiel issu de l'élément le plus résistant et dont la force électromotrice se trouve ainsi accrue.

Voici maintenant ce qui résulte pour les piles de Daniell de l'intervention des courants locaux dont nous avons parlé. Quand les bulles de gaz existent dans les interstices du dépôt rugueux, elles constituent pour ces courants locaux une résistance qui diminue considérablement leur intensité, et comme ces courants locaux sont nuisibles, l'intensité de la pile en profite. Quand, au contraire, on fait disparaître ces bulles par l'agitation du zinc, ces courants deviennent plus nuisibles, et, en diminuant l'intensité du courant, attribuent à la quantité R, la seule variable dans cette circonstance, une valeur plus grande que celle qu'elle avait primitivement. Ce qui prouve la vérité de cette explication, c'est qu'un élément Bunsen ayant un zinc bien amalgamé ne perd pas de son intensité par suite du mouvement communiqué à celui-ci, pas plus qu'un élément Daniell dont le zinc est amalgamé et sans dépôts (1).

Du reste, voici une expérience qui ne peut guère laisser de doute sur le rôle de la polarisation dans les phénomènes que nous avons rapportés. Ayant, après un certain temps d'interruption du courant de l'électromoteur, fermé le circuit à tra-

(1) Avec un élément de cette nature dont la solution de sulfate de zinc a été filtrée E = 9035, R = 668.

vers les deux couples dont il s'agissait de mesurer la résistance par la méthode du galvanomètre différentiel, j'ai obtenu pour un certain sens du courant une résistance représentée par 8 tours $\frac{1}{2}$ du rhéostat; mais le courant ayant été fermé pendant douze heures, cette résistance s'est trouvée portée à 13 tours $\frac{3}{4}$. Après une nouvelle interruption du circuit et un renversement du sens du courant de l'électromoteur, cette résistance au bout de quelques minutes est revenue à 8 tours du rhéostat; puis, au bout d'une heure, elle était de nouveau portée à 13 tours. En renversant encore le courant, elle est revenue après quinze minutes à 8 tours; puis, au bout de 15 autres minutes, à 13 tours. Or, le rôle du courant de l'électromoteur dans ces effets de polarisation étant exactement le même que celui d'un élément quelconque à travers les parties semi-liquides, semi-métalliques, qui composent sa résistance propre, on peut en conclure que c'est bien à un effet de polarisation qu'il faut attribuer la diminution d'intensité d'une pile après une fermeture prolongée de son circuit.

Séance du 9 mars 1861.

Chimie. *Faits pour servir à l'histoire de l'aniline.* — MM. Persoz, Victor de Luynes et Salvétat ont fait à la Société dans cette séance la communication suivante :

Dans la séance du 20 septembre 1858, M. Hofmann adressait à l'Académie des sciences une note intitulée : « Recherches pour servir à l'histoire des bases organiques; » note dans laquelle il avait particulièrement en vue l'action du bichlorure de carbone (chloride carbonique, Berzelius) sur l'aniline. Il constate d'abord que l'aniline et le bichlorure de carbone ne réagissent pas l'un sur l'autre à la température ordinaire, et qu'au bout de quelques jours de digestion à la température de l'eau bouillante, la réaction est loin d'être achevée; et « cependant en soumettant un mélange de 1 partie de bichlorure de carbone et de 3 parties d'aniline, les deux corps à l'état anhydre, pendant à peu près trente heures à la température de 170° à 180°, le liquide se trouve transformé en une *masse noirâtre* ou molle et visqueuse, ou dure et cas-

sante, selon le temps et la température. » Il ajoute : « Cette masse noirâtre adhérant avec beaucoup de persistance aux tubes dans lesquels la réaction s'est effectuée, est un mélange de plusieurs corps. En épuisant par l'eau, on en *dissout une partie*, une autre restant *insoluble* à l'état de résine plus ou moins solide. » Par suite du traitement qu'il fait subir à la partie soluble, à l'effet d'isoler la base qu'il recherche, M. Hofmann est conduit à dire : « Des lavages par l'alcool froid et une ou deux cristallisations dans l'alcool bouillant rendent le corps parfaitement blanc et pur, une substance très soluble *d'un cramoisi magnifique* restant en dissolution. » Il ajoute encore : « La portion de la masse noirâtre qui restait insoluble dans l'eau se dissout très facilement dans l'acide chlorhydrique. Elle est précipitée de nouveau de cette solution par les alcalis à l'état de poudre amorphe d'un rouge sale, soluble dans l'alcool qu'elle colore d'un riche cramoisi. »

On a cru pouvoir s'appuyer sur l'indication de cette coloration cramoisie pour attribuer au savant chimiste anglais la découverte de la matière tinctoriale que MM. Renard et Franck, de Lyon, ont désignée sous le nom de *fuchsine*. Les recherches que nous poursuivons ne nous permettent pas d'admettre cette identité et déjà, soit au Conservatoire des arts et métiers, soit dans le supplément du Dictionnaire des arts et manufactures, nous avons dit qu'il n'y avait pas de similitude à établir entre la matière cramoisie signalée par M. Hofmann et le rouge de Lyon.

M. Hofmann ayant annoncé un travail plus étendu au sujet de l'action des différents réactifs sur l'aniline, nous n'avons nullement l'intention de nous placer sur un terrain qu'il exploite avec tant de succès. Mais les études qui nous occupent depuis longtemps nous ont conduits à des faits qui nous paraissent de nature à être immédiatement livrés au public dans l'intérêt de la science et de l'industrie.

Comme point de départ nous rappellerons que la matière tinctoriale rouge de Lyon est complétement soluble dans les alcalis, vis-à-vis desquels elle se comporte comme un véritable acide au même titre que l'acide carthamique; qu'elle se combine en effet à l'ammoniaque, à la potasse, à la soude, à

la baryte, à la strontiane, pour former avec ces bases des combinaisons solubles avec lesquelles nous avons teint, dans les nuances les plus pures, en faisant usage de dissolutions préparées depuis plus de huit mois, préalablement saturées par les acides étendus. La teinture s'effectue très facilement en présence des acides étendus. Ce fait n'a rien d'extraordinaire, puisqu'à chaud comme à froid cette couleur, une fois dissoute par un alcali, reparaît toujours quand on vient à saturer par l'acide acétique. Enfin, c'est cette propriété générale qui nous a servi à extraire une même matière colorante de tous les produits livrés au commerce sous des noms très divers.

En nous plaçant dans des conditions d'expérience indiquées par M. Hofmann, nous avons vu, ainsi qu'il l'a observé :

1° Que la matière noirâtre obtenue par l'action de la chaleur sur un mélange de 3 parties d'aniline et de 1 de bichlorure de carbone se sépare, par un lavage à l'eau, en deux parties, l'une très soluble et l'autre d'un aspect beaucoup plus foncé qui reste pour résidu;

2° Que la partie soluble, précipitée par la potasse, donne un produit oléorésineux qui, recueilli, lavé avec la potasse, bouilli avec la potasse diluée, lavé, desséché et enfin traité par l'alcool, donne la base cristalline qu'il a fait connaître et une solution colorée en cramoisi plus ou moins intense et plus ou moins pure, suivant les conditions de l'opération;

3° Que la partie insoluble dissoute dans l'acide chlorhydrique et précipitée par la potasse contient, non pas, comme l'avait supposé M. Hofmann, la même matière colorée que celle dont nous venons de parler, mais une matière violette que nous sommes portés à regarder comme formée par le mélange de deux principes, l'un rouge et l'autre bleu ;

4° Quant à la matière cramoisie, comme elle résiste à l'action prolongée des alcalis bouillants, on ne peut la rapprocher de l'acide fuchsique ; et si, dans l'expérience de M. Hofmann, et dans les conditions dans lesquelles il s'est placé, cet acide pouvait prendre naissance, on ne le retrouverait que dans les eaux alcalines dans lesquelles il n'existe pas, si ce n'est en

quantités infiniment petites, et qu'on ne peut déceler que par des méthodes très délicates. Encore faut-il que certaines circonstances de masse, ou de surface de chauffe ou de température, ou de durée de l'opération, permettent à cette matière tinctoriale de se développer ou de se conserver.

En effet, en chauffant pendant trente heures le même mélange qui nous avait donné vers 170° des colorations très sensibles de cramoisi, soit dans la partie soluble, soit dans le résidu, nous avons vu que cette coloration n'existait plus dans les produits obtenus à la température de 180°.

Ce résultat n'a rien d'étonnant, puisque, comme nous nous en sommes assurés, un mélange de 3 parties de fuchsine et de 10 parties de chlorure de carbone dans les conditions indiquées ci-dessus, ne fournit plus que des liquides colorés en jaune clair ; toute matière rouge a disparu.

Il y a plus : c'est qu'en modérant la température, la durée de l'expérience et les proportions respectives d'aniline et de bichlorure de carbone, nous avons préparé des matières certainement plus riches en principes colorants que celles que M. Hofmann avait eues sous la main. La fuchsine existe bien alors, mais à la condition qu'on ait su saisir le moment auquel elle prend naissance. Elle est accompagnée d'ailleurs de la matière rouge de M. Hofmann, qui est dominante, beaucoup plus stable, et qui se distingue par son insolubilité dans la potasse.

Ces observations nous ont naturellement conduits à savoir ce que deviendrait, dans les conditions de l'expérience de M. Hofmann, le mélange du bichlorure d'étain et d'aniline qui fournit sous la pression ordinaire le rouge de Lyon.

9 gr. de bichlorure d'étain et 16 gr. d'aniline, chauffés pendant trente heures dans un tube scellé à 180°, n'ont plus fourni ni du rouge ni du violet, mais un bleu très-vif et très-pur, qui n'exige qu'un traitement par l'eau pour teindre les fibres animales en nuances dont l'éclat ne laisse rien à désirer. Ce bleu, qui résiste aux acides, fonce par les alcalis faibles et passe au groseille violacé par les alcalis concentrés. L'industrie ne peut manquer d'en tirer parti.

Il est bien entendu que les expériences qui précèdent ne portent que sur l'emploi du bichlorure de carbone qui colore l'aniline seulement dans un tube scellé, sous la pression correspondante à la température de 180°. Ce chlorure ne donne sous la pression ordinaire aucune coloration, alors que le sesquichlorure de carbone réagit dans les expériences de Lyon comme agent de transformation.

Les faits qui précèdent nous conduisent à admettre qu'il n'y a aucune espèce d'analogie entre le rouge de M. Hofmann et le rouge de Lyon. En effet, ce dernier est *soluble* à froid dans les alcalis, tandis que le rouge de M. Hofmann, non-seulement résiste à froid à l'action des alcalis, mais ne se *dissout même* pas dans une *solution bouillante* de potasse. De plus la réaction du bichlorure de carbone sur l'aniline exige l'intervention d'une pression supérieure à la pression ordinaire, et l'action prolongée de la chaleur, tandis que le rouge de Lyon se produit sous la pression ordinaire, dans un espace de temps qui ne dépasse pas une demi-heure; bien plus, l'action prolongée de la chaleur et l'excès de précision empêchent la production de ce rouge qui se trouve alors remplacé, comme nous l'avons dit plus haut, par un bleu qui s'ajoute à la série très-remarquable des riches couleurs dérivées de l'aniline.

Météorologie. *Sur la présence de l'acide nitrique libre et des composés nitreux oxygénés dans l'air atmosphérique.* — M. S. Cloëz a fait aussi à la Société, dans cette séance, une communication sous le titre précédent.

La présence du nitrate d'ammoniaque dans l'eau de pluie, a-t-il dit, est un fait incontestable, admis aujourd'hui par tous les chimistes. L'atmosphère contient, en outre, une quantité variable, quoique toujours très minime, de vapeur nitreuse ou d'acide nitrique libre, dont on peut constater facilement la présence au moyen de quelques réactifs; ce point, important pour la théorie de la nitrification, n'a pas encore été établi positivement; la question en elle-même est pourtant assez simple, et elle me paraît complétement résolue par plusieurs observations que j'ai faites dans le cours de mes recherches

expérimentales sur la nitrification, entreprises en 1854 au Muséum, et poursuivies depuis lors sans relâche.

I. En faisant passer par aspiration un volume considérable d'air atmosphérique, puisé à un mètre environ de la surface du sol, à travers un tube en verre dans lequel on place une petite bande de papier de tournesol, à l'abri de la lumière, on voit souvent le réactif coloré passer du bleu au rouge pelure d'oignon; ce phénomène est fréquent, sous le climat de Paris, à certaines époques de l'année; on l'observe principalement au commencement et vers la fin de la saison froide; ce qui me fait croire qu'il a une relation directe avec le degré de la température. On peut remplacer dans cette expérience la bande de papier bleu par une dissolution aqueuse très sensible de tournesol, contenue dans un tube à boules, et préservée des rayons lumineux. Quand l'air est acide, la coloration rouge caractérisant les acides énergiques apparaît promptement. Cette coloration se distingue, par sa nuance, de celle qui est produite par l'acide carbonique de l'air; elle persiste, d'ailleurs, après que le liquide a été chauffé jusqu'à l'ébullition.

II. L'observation précédente démontre dans l'air la présence d'un corps acide différent de l'acide carbonique; mais elle ne prouve absolument rien quant à sa nature; on arrive à des résultats certains, sous ce rapport, en faisant passer, toujours par aspiration, 15 à 20 mètres cubes d'air dans une dissolution titrée de carbonate de potasse pur; on doit faire cette expérience de préférence au mois de novembre ou au mois de mars, aux époques où l'on est à peu près sûr de trouver sous notre climat un acide libre dans l'air atmosphérique. Ordinairement, la solution perd une partie de son alcalinité; on constate dans la liqueur la présence du nitrate de potasse en quantité notable; on y trouve des traces de chlorure, mais elle ne contient pas de sulfate.

III. La présence du nitrate de potasse dans la liqueur alcaline n'est pas due exclusivement à l'acide nitrique libre de l'air; elle peut être attribuée en partie à la décomposition du

nitrate d'ammoniaque contenu dans l'atmosphère; on s'assure du fait en faisant arriver l'air, à sa sortie du tube à potasse, dans un second tube semblable contenant une quantité déterminée d'acide sulfurique faible; on trouve constamment dans ce dernier tube un peu de sulfate d'ammoniaque. Il est évident que cette même cause, c'est-à-dire la décomposition du nitrate d'ammoniaque, concourt à la diminution de l'alcalinité de la solution de potasse titrée.

IV. Les expériences précédentes se trouvent confirmées quand on tamise l'air humide à travers une longue colonne de carbonate de plomb pur; en opérant sur 40 à 50 mètres cubes d'air, on obtient du nitrate de plomb cristallisable, dont l'origine est due à l'acide nitrique libre; la lixiviation du carbonate de plomb doit être faite à froid, pour éviter la décomposition du nitrate d'ammoniaque.

V. Enfin il existe un dernier moyen de reconnaître dans l'atmosphère des traces de composés nitreux oxygénés ou d'acide nitrique libre; il consiste dans l'emploi du papier ioduro-amidonisé, proposé par M. Schönbein pour déceler l'oxygène naissant ou l'ozone qu'il suppose exister dans l'air; ce réactif est infiniment plus sensible que le papier de tournesol à l'action des composés nitreux; l'air, additionné de 0,00005 de son volume de vapeur nitreuse, colore pour ainsi dire instantanément le réactif ozonométrique dans des conditions où le papier de tournesol n'éprouve aucune modification. Je n'ai pas cru toutefois pouvoir employer le réactif ioduré pour résoudre la question que je m'étais posée; malgré sa sensibilité extrême, je n'aurais pu en tirer aucun parti; j'ai mieux aimé avoir recours à des réactifs moins sensibles, mais dont les indications sont plus certaines.

VI. J'ai constaté que l'air, additionné de vapeur nitreuse, en réagissant sur l'iodure de potassium déplace de l'iode, et donne en même temps naissance à un composé salin ayant une réaction faiblement alcaline qui persiste en présence de l'iode libre, mais qui disparaît sous l'influence d'un excès d'air nitreux. Ce fait singulier, produit par l'air nitreux, aussi bien

que par l'air supposé contenir de l'ozone, s'explique aisément en admettant dans les deux cas la formation momentanée d'une petite quantité de nitrite de potasse, dont la réaction est en effet manifestement alcaline. Quelle que soit d'ailleurs la véritable cause du phénomène, la conséquence qui en résulte est la même : c'est que les observations ozonométriques faites d'après le procédé imaginé par M. Houzeau sont aussi inexactes que toutes celles qui ont été exécutées auparavant avec le réactif de M. Schönbein. La production du nitrite de potasse par l'action de la vapeur nitreuse sur l'iodure de potassium fait disparaître plusieurs anomalies étranges que les partisans de l'ozone atmosphérique n'ont jamais pu expliquer. Dans cette nouvelle manière de voir, on n'est plus forcé d'abord d'admettre l'existence de la potasse libre en présence de l'iode ; on est en outre dispensé de croire que l'azote de l'air et l'oxygène ozoné ou à l'état naissant, tel qu'il a été obtenu par MM. Fremy et Ed. Becquerel, peuvent rester à l'état de simple mélange, sans se combiner, sans produire immédiatement de la vapeur nitreuse.

VII. L'existence reconnue de l'acide nitrique libre dans l'atmosphère rend compte de la présence de l'ammoniaque dans certains échantillons de rouille, et de son absence à peu près complète dans d'autres; il est très probable que l'ammoniaque existant dans l'oxyde de fer formé à l'air libre est le résultat de la combinaison de l'azote provenant de la réduction de l'acide nitrique avec l'hydrogène produit simultanément par la décomposition de l'eau. S'il en est ainsi, on conçoit que la rouille formée dans de l'air humide débarrassé de vapeurs acides ne doit pas contenir d'ammoniaque.

VIII. La formation de la patine sur les cloches et les statues en bronze non recouvertes de vernis est due en grande partie encore à l'acide nitrique libre de l'air ; en examinant une matière de couleur vert sale, formée sur une cloche suspendue en l'air et exposée aux intempéries de l'atmosphère depuis 1793, j'ai reconnu la présence certaine de l'acide nitrique. Le défaut d'une quantité suffisante de matière ne m'a pas permis d'en faire une analyse exacte.

IX. Les conséquences résultant de l'existence des composés nitreux libres dans l'atmosphère sont importantes pour l'agriculture ; elles servent à expliquer notamment les bons effets de l'opération de l'écobuage avec combustion, préconisée par le marquis de Turbilly et exécutée par lui avec un grand succès. Cette pratique agricole, dont M. Chevreul a donné récemment la théorie et dont il a fait ressortir les avantages, est, à notre avis, beaucoup trop négligée aujourd'hui ; nous croyons utile de consigner ici notre conviction à cet égard, dans le but surtout d'appeler l'attention publique sur un sujet aussi intéressant.

Chimie agricole.—La note suivante sur *les produits du curage et du faucardement des cours d'eau* a été communiquée aussi par M. Hervé Mangon.

Il existe en France, non compris les fleuves ou rivières navigables, 200 000 kilom. environ de cours d'eau d'intérêt secondaire. Le quart au moins de ces cours d'eau, soit 50 000 kilom., devraient être curés chaque année. En évaluant à $0^{mc},050$ le volume de vase à extraire par mètre courant, ce qui n'a rien d'exagéré, on trouve que le volume des curages annuels s'élèverait à $2\,500\,000^{mc}$. Ce chiffre indique assez l'intérêt pratique que présente l'examen de ces produits.

La composition des vases extraites de nos cours d'eau est nécessairement en rapport avec la constitution géologique des terrains qu'ils traversent, et leur étude peut éclairer beaucoup de points douteux de la géologie agricole. Il serait trop long de reproduire en détail les analyses d'une centaine d'échantillons de vases dont j'ai déjà fait l'examen, et dont quelques-unes ont même été publiées depuis longtemps. Je dirai seulement que les vases provenant des curages de nos cours d'eau, exposées à l'air pendant quelques jours, ne renferment plus que 5 à 10 p. 100 d'eau et que, dans cet état, elles dosent de 0,35 à 0,95 p. 100 d'azote, immédiatement assimilable pour la majeure partie.

Ces produits du curage des cours d'eau constituent par conséquent une source véritablement importante de matières fertilisantes dont l'emploi, du reste, se répand rapidement

depuis quelques années parmi les cultivateurs de nos petites vallées.

Mais ces matières terreuses, qu'il faut enlever périodiquement du lit de nos ruisseaux pour assurer leur libre écoulement, ne sont pas, à beaucoup près, le produit le plus intéressant de nos eaux courantes et stagnantes.

Presque partout, en effet, une végétation énergique se développe dans les ruisseaux, les canaux et les fossés d'écoulement, et rend nécessaire, une ou deux fois par an, l'opération du *faucardement*, destinée, comme on sait, à couper et à enlever les végétaux aquatiques qui ne tarderaient pas, sans cette précaution, à envahir et à obstruer complétement le lit de ces cours d'eau.

Dans certaines localités, les végétaux aquatiques ainsi obtenus sont soigneusement recueillis et employés comme engrais. Dans d'autres pays, au contraire, de beaucoup les plus nombreux, on n'en fait encore malheureusement aucun usage, et leur enlèvement est, pour les riverains, une lourde charge sans aucune compensation. Ces végétaux ont cependant une grande valeur agricole, ils peuvent fournir un engrais supplémentaire d'autant plus précieux qu'il n'apporte avec lui aucune graine de mauvaises herbes, et je ne doute pas qu'ils ne puissent, à l'intérieur des terres, jouer un rôle aussi important que celui des warechs dans l'agriculture de notre littoral.

Les végétaux aquatiques offrent, en effet, des moyens puissants et économiques de fixer et d'extraire les matières fertilisantes qui, sans eux, s'écouleraient en pure perte avec les eaux que l'agriculture n'emploie pas en irrigations.

L'eau versée sur nos prairies fournit du foin que l'industrie de l'homme transforme en viande, en fumier et partant en froment. La même eau, employée à développer des plantes aquatiques fournirait également des éléments de fertilité faciles à transformer en nourriture à l'usage des hommes et des animaux. On comprend dès lors tout l'intérêt de l'étude de ces plantes, si négligée jusqu'à présent, au point de vue de la pratique agricole.

Les plantes aquatiques exposées à l'air et au soleil après avoir été retirées de l'eau abandonnent rapidement de 70 à

90 p. 100 d'humidité. Après cette première dessiccation elles retiennent encore de 12 à 3 p. 100 d'eau qu'une température de 100° peut seule leur enlever.

Simplement desséchées à l'air, les plantes aquatiques contiennent de 1 à 3,3 p. 100 d'azote, selon leur âge, leur espèce et surtout leur provenance ; employées comme engrais, à l'état frais, elles sont donc en général plus azotées que le fumier de ferme ordinaire. De nombreux essais ont, en effet, démontré qu'elles exercent une action fertilisante des plus énergiques.

La proportion et la composition des cendres des plantes aquatiques varient naturellement suivant leur espèce, leur âge et la nature des eaux où elles se développent. Dans l'impossibilité de reproduire les nombreux chiffres des tableaux d'analyses, on se bornera à citer quelques faits.

Les cendres des plantes aquatiques renferment généralement de l'acide phosphorique ; j'en ai trouvé dans toutes les plantes de la Bonde (Eure), dans la Fléchière de la Seine, etc. Au contraire, dans les eaux très pures et dans le sol siliceux des landes de la Gironde, cet élément disparaît pour ainsi dire d'une manière complète. C'est à peine si quelques plantes comme la Renoncule aquatique, le *Potamogeton natans*, etc., parviennent à en fixer de très faibles quantités. La chaux, très abondante dans les cendres des plantes des eaux calcaires, disparaît aussi presque complétement dans les plantes des eaux des terrains siliceux. Les quelques chiffres suivants donneront une idée de ces variations :

	Potamogeton pectinatum. De la Bonde (Eure).	*Potamogeton pectinatum.* Des landes (Gironde).	*Lemna minor.* De l'Eure.
Matières combustibles, non compris l'azote	61,8	69,5	61,1
Azote,	2,5	1,9	3,6
Silice,	6,0	14,1	6,7
Chaux,	12,1	0,8	8,2
Acide phosphorique,	1,0	»	1,1
Autres produits minéraux,	16,6	13,7	19,3
	100,0	100,0	100,0

Les Lentilles d'eau (*Lemna minor*), qui vivent à la surface du liquide et n'enfoncent point leurs racines dans le sol lui-même, montrent bien nettement la fixation des éléments fertilisants de l'eau par les plantes aquatiques. Ce petit végétal est riche en cendres et celles-ci renferment une assez forte proportion d'acide phosphorique.

L'agriculteur, qui ne doit négliger aucune source d'engrais, remarquera d'ailleurs que certaines plantes aquatiques, et surtout les Lentilles d'eau, sont habitées par un nombre immense de Lymnées, de Planorbes et d'autres petits animaux dont le poids s'élève quelquefois à 12 p. 100 de celui du végétal et dont les débris ajoutent à ceux de la plante leurs éléments de fertilité.

En résumé, les végétaux aquatiques, au point de vue de la pratique agricole, fixent dans leur organisme des éléments de fertilité qui, sans eux, se perdraient dans les eaux non utilisées en irrigation. Il est vivement à désirer de les voir utiliser d'une manière plus générale qu'on ne le fait encore aujourd'hui.

Au point de vue scientifique, les variations considérables que l'on remarque dans la composition des plantes aquatiques et la possibilité de modifier les liquides où elles se développent offrent des moyens faciles d'études intéressantes sur l'influence que les milieux ambiants peuvent exercer sur la constitution des végétaux.

Séance du 16 mars 1861.

Hydraulique. — M. de Caligny a communiqué dans cette séance la traduction de divers extraits d'un mémoire publié en italien par M. Sommeiller, ingénieur en chef chargé des travaux du percement du mont Cénis, et il a fait à cette occasion quelques remarques.

Dans ce mémoire, M. Sommeiller dit (p. 41) : « ... Donc notre compresseur a pour caractère *essentiel, fondamental, l'emploi de la force vive de l'eau,* laquelle, si l'on veut la mettre entièrement à profit, exige que la colonne comprimante soit, dans toute sa longueur, c'est-à-dire depuis

» la chambre de compression jusqu'au réservoir alimentaire, » d'une section égale, et que la compression soit directe. Il » résulte de ce principe que dans la compression la *tension* » *acquise* par l'air est *nécessairement* toujours *plus grande* » que la pression hydrostatique de la colonne comprimante, » et d'autant plus grande qu'on veut l'air à une tension plus » élevée... »

M. de Caligny fait observer, relativement à ce passage, que M. Sommeiller ne l'a pas tout à fait compris.

C'est seulement pour les cas analogues à ceux des expériences telles qu'elles ont été faites à Saint-Pierre d'Arena, que la tension de l'air est *nécessairement* plus grande que la pression hydrostatique de la colonne comprimante. Elle peut être *aussi petite qu'on le veut dans beaucoup de cas,* et même, à la limite, les appareils de M. de Caligny ne sont plus que des appareils à élever de l'eau, *qui ne peuvent, il est vrai, marcher qu'en soufflant de l'air,* ce qui est une propriété bien caractéristique.

M. de Caligny rappelle aussi des expériences qu'il a depuis longtemps communiquées à la Société, notamment le 19 juin 1841 et qui ont été publiées dans *l'Institut* , sur les résistances passives résultant des variations des diamètres des tuyaux de conduite, expériences qui montrent dans quelles limites ces diamètres peuvent varier sans qu'il en résulte une perte de force vive dépassant une quantité donnée. D'après cela, quoiqu'il ait en général prescrit de donner autant que possible une section constante à ses tuyaux (comme on peut le voir par la planche du résumé de ses expériences sur une branche nouvelle de l'hydraulique, antérieures à 1850, publiées dans le *Technologiste* de 1850, à partir du numéro de juin, p. 495), il résulte cependant des considérations nouvelles sur la chaleur présentées par lui dans l'avant-dernière séance, qu'on ne sait pas encore d'une manière assez positive s'il ne sera pas utile d'élargir dans certaines limites, sans doute très restreintes, la chambre de compression de l'air, quoique, dans l'état actuel de la science, et à cause d'ailleurs de la simplicité qui en résulte dans la

construction, on ait judicieusement agi en s'en tenant aux prescriptions générales qu'il a données sur l'égalité des sections.

M. Sommeiller, dans son mémoire précité, p. 44, dit : « Dans la colonne (tromba) Piatti-Hall, la chute est propor- » tionnelle à la tension.

» Dans le compresseur, la chute est proportionnelle au lo- » garithme hyperbolique de la tension.

» Si de l'examen du principe nous venons à celui de l'effet, » les résultats seront également différents... »

Il ajoute en note au bas de la page : « Dans ce calcul, on » ne tient pas compte de la hauteur de la chambre de com- » pression. »

M. de Caligny fait d'abord observer qu'il n'est pas nécessaire de faire cette dernière remarque, sauf les résistances passives, quand on vide cette chambre de compression au moyen d'une oscillation descendante, par une troisième branche de son siphon renversé, plongée au-dessous du niveau du bief d'aval, comme elle l'est maintenant au mont Cénis, où l'on verra si, avec une troisième branche aussi courte que celle qui est posée, on peut facilement étudier cette oscillation.

Quant à la proportionnalité de la chute au logarithme hyperbolique de la tension, M. de Caligny fait observer que cela est vrai (toujours, bien entendu, sauf les résistances passives), pour le cas expérimenté à Saint-Pierre d'Arena ; mais il n'est pas du tout nécessaire, dit-il, d'avoir des chutes si grandes lorsqu'on laisse la force vive se développer alternativement, par un écoulement convenable à l'extérieur, comme dans le bélier hydraulique, mais sans aucun choc brusque, malgré des dimensions qui peuvent être très grandes, à cause des propriétés de la vanne cylindrique ou de la soupape de Cornwall, qu'il a communiquées à la Société, le 3 mars 1842. (Voir le journal *l'Institut*, même année, p. 76.)

Aussi M. de Caligny a exposé, dans la séance du 26 janvier dernier, la faute d'installation faite, selon lui, par les ingénieurs sardes *sur le versant français*, sans doute parce qu'ils

n'ont pas compris la généralité de son idée sur l'emploi des vannes cylindriques, etc.

Séance du 23 mars 1861.

M. L. Foucault a signalé en peu de mots à l'attention de la Société, dans cette séance, l'avantage qu'il y a dans les moteurs électriques, à fermer le circuit de chaque électro-aimant sur lui-même, au moment précis où on l'isole du courant de la pile ; par ce moyen on fait disparaître l'étincelle d'extra-courant et on utilise mieux la force vive du courant moteur.

Séance du 30 mars 1861.

Percement du mont Cénis. — Dans cette séance M. Anatole de Caligny a communiqué des observations sur la disposition des vannes cylindriques dans les siphons renversés à trois branches qui fonctionnent à Bardonèche.

M. Fourneyron, dit-il, paraît être le premier qui ait appliqué les vannes cylindriques aux moteurs hydrauliques proprement dits, c'est-à-dire dans les turbines qui ont été ensuite disposées à diverses hauteurs dans un tuyau descendant du bief d'amont au bief d'aval.

En 1839 et en 1842, à cette dernière date surtout, j'ai fait des expériences sur un moteur hydraulique à flotteur oscillant de mon invention, qui a été l'objet de deux rapports favorables à l'Académie des sciences, le premier par M. Coriolis en son nom et en celui de MM. Cordier et Poncelet, le second par M. Lamé en son nom et en celui de ces deux savants académiciens. Dans les expériences répétées en présence de MM. Poncelet et Lamé, ainsi que de beaucoup d'autres savants, aux bassins de Chaillot, sur un tuyau de 40 centimètres de diamètre, je me servis assez en grand d'un genre particulier d'écoulement par une vanne cylindrique, et par un *tuyau annulaire* formé de l'espace compris entre le tuyau vertical fixe et le flotteur cylindrique à extrémités coniques, qui était lui-même fixe pendant l'écoulement de l'eau du bief supérieur dans le système, de sorte que le flotteur, pendant l'écoulement dont il s'agit, présentait, par la forme de son extrémité inférieure, une *véritable poupe*. C'est bien, quoique sans flotteur *mobile*, le genre

d'écoulement qui introduit l'eau motrice dans les siphons renversés à trois branches de mon invention, tels qu'ils sont exécutés au mont Cénis, où la poupe est une pièce absolument fixe. On a d'ailleurs adopté pour la partie supérieure de la pièce fixe, sur laquelle fonctionne dans l'intérieur du tuyau d'arrivée la vanne cylindrique d'introduction de l'eau, le cône à génératrice curviligne disposé à la partie centrale comme dans diverses turbines, ainsi que je l'ai prescrit pour les cas analogues, d'après l'exemple de ces turbines, dans une note présentée à l'Académie des sciences, le 20 août 1855, sur le système suivant.

Une note publiée dans le journal *l'Institut*, à l'extrait du procès-verbal de la séance de la Société du 28 juin 1851, renferme la description d'une disposition qui n'a pas encore été appliquée au mont Cénis, mais qu'il serait encore temps d'y appliquer; il est donc intéressant de montrer dans quelles limites elle pourrait être utile, non-seulement pour cette localité, mais d'une manière plus générale.

Les dispositions des pièces fixes de la vanne cylindrique d'admission me paraissent bien dessinées par les ingénieurs sardes, conformément aux principes recommandés dans mes mémoires. Les courbures paraissent aussi arrondies qu'elles peuvent l'être, et l'égalité des sections est bien observée. Ces courbures sont disposées de manière à présenter sensiblement les mêmes causes de résistance à la flexion des filets liquides que s'ils coulaient dans un tuyau ordinaire à coude arrondi, dont le rayon de courbure extérieure serait égal au double du diamètre de ce tuyau.

Je dois donc convenir que, *pour cette première vanne* telle qu'elle est établie, je ne suis pas assez sûr, pour de tels arrondissements, qu'il fût très utile d'y adapter les surfaces courbes concentriques au moyen desquelles je diminue considérablement la résistance de l'eau dans les coudes où il n'y a d'arrondi que la courbure extérieure. Il est d'ailleurs trop tard. Mais la disposition de la vanne cylindrique d'évacuation n'est pas la même, et l'on peut faire à ce sujet des remarques intéressantes.

Dans une lettre du 20 janvier 1859, adressée à M. Ménabréa,

croyant les travaux plus avancés qu'ils ne l'étaient, j'avais donné un croquis d'après lequel on enfoncerait convenablement la partie inférioure du siphon renversé au-dessous du niveau du bief d'aval, et l'on disposerait sur la partie intermédiaire une troisième branche verticale, au sommet de laquelle serait une soupape annulaire de Cornwall. Cette disposition générale est précisément celle qui a été adoptée, sans que j'aie pu savoir à quelle époque, ce qui est d'ailleurs peu important pour moi après tout ce que j'avais publié. L'expérience seule pouvait montrer s'il valait mieux employer une vanne cylindrique qu'une soupape de Cornwall qui, dans le cas dont il s'agit, est l'expression de la même idée quant aux mouvements de l'eau. Aussi je ne me suis pas prononcé sur ce choix dans mes mémoires, au moins pour le cas des grandes chutes. Les ingénieurs sardes, après avoir, à ce qu'il paraît, essayé d'abord des soupapes de Cornwall, préfèrent les vannes cylindriques. Un long usage montrera encore mieux le choix qui devra être fait pour ces mouvements très répétés et très rapides, où il faut tenir compte des détériorations pouvant résulter du frottement dans l'eau contre des parois fixes.

Mais le point sur lequel je désire en ce moment fixer l'attention, à cause d'une faute qui a été faite, selon moi, c'est la disposition d'une espèce de chapeau en fonte au sommet de la troisième branche, au-dessus de la vanne cylindrique d'évacuation, qui se lève alternativement dans cette pièce fixe fermée au sommet à travers lequel passe une tige.

D'après la disposition que j'avais proposée, la soupape de Cornwall ou la vanne cylindrique devrait être disposée autour d'une rondelle fixe au-dessous de laquelle on disposerait le cône central à génératrice curviligne, et les surfaces courbes concentriques destinées à diminuer la résistance de l'eau ainsi que les chances d'ébranlement qui peuvent en résulter. Dans la construction telle qu'elle est faite, l'eau en sortant du système perd de la force vive en tournoyant dans le chapeau en fonte qui la recouvre. On pourrait aussi diminuer les résistances qui en résultent en disposant un cône renversé, d'ailleurs analogue à celui du dessus du siége de la vanne cylindrique d'admission. Mais on va voir, pour l'un et l'autre cas, une conséquence in-

téressante de l'effet des surfaces concentriques dont il s'agit.

Le but qu'on doit se proposer n'est pas seulement de diminuer la résistance de l'eau par l'emploi de ces surfaces concentriques, mais de faire en sorte, même toutes choses égales d'ailleurs quant à la résistance, de diminuer les courses ou levées de ces grandes vannes cylindriques, pendant lesquelles il y a des étranglements variables; parce que plus ces courses seront diminuées, plus il sera facile de faire fonctionner ces vannes assez vite pour diminuer l'importance de la durée de ces étranglements, par rapport à la durée totale de chaque oscillation de compression de l'air ou d'évacuation de l'eau. Or, comme il paraît qu'on a au mont Cénis des eaux de sources qui ne gèlent jamais et ne charrient point d'herbes, etc., l'inconvénient que, dans d'autres cas, pourraient avoir ces surfaces concentriques, ne semble pas exister pour les compresseurs hydropneumatiques dont il s'agit, dans cette localité.

Au reste, il ne s'agit pas seulement du mont Cénis, mais des autres circonstances où ces compresseurs pourront être appliqués; or, quand il y aura des chutes moins grandes qu'à Bardonèche, l'oscillation de vidange sera plus importante à étudier dans ses détails.

Dans les circonstances où la hauteur de la chambre de compression ne dépassera pas certaines limites quand l'oscillation de vidange sera finie, si l'orifice de l'évacuation de l'eau ne se referme pas assez vite pour empêcher le retour de l'eau qui se sera déchargée au bief d'aval, le ressort de l'air présentera à cette époque un moyen intéressant de diminuer cet inconvénient, en résistant à la manière de celui d'une cloche à plongeur; et même la compression de cet air ne sera pas perdue pour l'effet utile (voir dans le journal *l'Institut* l'extrait du procès-verbal de la séance du 11 décembre 1858). Il est, d'après cela, plus intéressant d'étudier les moyens de faire ouvrir vite la vanne d'évacuation de l'eau que ceux de la faire fermer vite, ce qu'on ne paraît pas avoir bien compris.

— On a entendu aussi dans cette séance la note suivante de M. Pasteur : *Sur les prétendus changements de forme et de végétation des cellules de levûre de bière suivant les conditions extérieures de leur développement.*

On sait que Leuwenhoeck a décrit le premier les globules de levûre de bière, et que M. Cagniard-Latour a découvert leur faculté de se multiplier par leur bourgeonnement.

Cette production végétale si intéressante a été le sujet d'une foule de travaux de la part des chimistes et des botanistes. Ces derniers, depuis MM. Turpin et Kütsing, ont été à peu près unanimes à regarder la levûre de bière comme une forme de développement de divers végétaux inférieurs, notamment du *Penicillium glaucum*. Les études à ce sujet qui paraissent avoir eu le plus de faveur dans ces dernières années appartiennent à MM. Wagner, Bail, Berkeley, Hofmann. Les recherches de ces habiles botanistes ont agrandi et confirmé les observations anciennes de MM. Turpin et Kütsing. Tout récemment, M. Pouchet a émis les mêmes idées en les précisant encore sur certains points.

Je me suis préoccupé depuis longtemps de cette importante question qui touche de si près à la nature intime de la levûre de bière, et à ces phénomènes de polymorphie des végétaux inférieurs auxquels se rattachent la plupart des travaux remarquables de M. Tulasne. Mais je suis arrivé à des résultats tout à fait négatifs, je veux dire qu'il m'a été impossible de voir la levûre de bière se transformer en une Mucédinée quelconque, et réciproquement je n'ai pu arriver à faire produire aux Mucédinées vulgaires la plus petite quantité de levûre de bière.

Séance du 6 avril 1861.

Chimie. — Communication a été faite à la Société dans cette séance de *nouvelles recherches sur les amalgames métalliques et sur l'origine de leurs propriétés électrochimiques*, par M. Jules Regnauld.

L'auteur ayant étendu à un grand nombre de métaux ses recherches sur la relation qui existe entre le rôle électrochimique des amalgames et les phénomènes thermiques accomplis au moment de leur formation, résume son travail dans les conclusions suivantes :

1° Toutes les fois qu'un métal est amalgamé, sa position dans l'échelle des affinités subit une modification.

2° La résultante peut être de sens contraire, même pour des

métaux voisins, car elle dépend à la fois de la fonction chimique du métal et de sa chaleur latente de fusion.

3° Lorsqu'il se produit un abaissement de température pendant la combinaison du métal avec le mercure et que, partant, la chaleur de constitution de l'amalgame est plus grande que celle du métal, ce dernier s'élève dans l'ordre des affinités positives.

4° Dans les cas où l'ensemble des phénomènes est inverse, c'est-à-dire, quand il y a dégagement de chaleur pendant la formation de l'alliage, le métal amalgamé devient électronégatif par rapport au métal libre.

MATHÉMATIQUES. *Théorie des nombres.* — M. Catalan a fait aussi cette communication :

1° La série récurrente dont les termes initiaux sont

$$A_1 = 0,\ A_2 = -2q,\ A_3 = 3r,$$

et dont le terme général est donné par la relation

$$A_n + q\,A_{n-2} - r\,A_{n-3} = 0,$$

jouit de cette propriété : *la fonction* A_n *est ou n'est pas divisible par* n, *suivant que* n *est ou n'est pas premier.*

2° Si l'on remplace q et r par des nombres entiers convenablement choisis, on obtient une infinité de séries récurrentes numériques, *qui paraissent* jouir de la même propriété. Par exemple, si l'on prend $q = r = 1$, les nombres entiers A_2, A_3, A_5, A_7, ... A_{53} sont divisibles par 2, 3, 5, 7, ... 53, tandis que les nombres entiers A_4, A_6, A_8, A_9, ... A_{52} ne sont pas divisibles par l'*indice* correspondant.

Séance du 13 avril 1861.

Écluses de navigation. — M. de Caligny a communiqué dans cette séance un résultat pratique obtenu en Belgique par l'emploi d'un moyen qu'il rappelle comme ayant été depuis longtemps proposé par lui pour remplir les écluses de navigation par un tuyau de conduite d'une grande section et d'une grande longueur, débouchant dans l'enclave des ports d'aval, au lieu des tuyaux d'une petite longueur et d'une section moindre qui débouchaient très près des portes d'amont, comme au canal de Briare.

Il fait la remarque qu'il a eu quelque peine à faire admet-

tre l'utilité d'une *grande longueur* dans les tuyaux de ses colonnes liquides oscillantes. On s'imaginait que cette longueur devait avoir pour résultat d'augmenter le frottement; tandis que, si la longueur des surfaces frottantes est augmentée, les vitesses de la colonne liquide frottante sont diminuées à cause de l'augmentation des effets de l'inertie de l'eau. Il avait démontré par l'expérience et le calcul que, sauf pour le cas des vitesses trop petites, la somme totale des résistances passives était diminuée par la longueur de la colonne oscillante, au moins dans des limites très étendues pour les grands diamètres. Il ne croit pas que personne lui conteste la priorité des expériences à ce sujet.

Quant aux applications aux écluses de navigation, il renvoie plus spécialement à diverses notes publiées dans le journal *l'Institut* sur ses communications à la Société philomathique, notamment dans l'année 1844 et surtout le 14 décembre (p. 424), parce qu'on explique bien dans cette dernière comment le tuyau doit déboucher dans la partie d'aval de l'écluse et dans le bief d'amont.

Un ingénieur en chef belge, M. Maus, membre de l'Académie des sciences de Bruxelles, auquel M. de Caligny avait fait part de ses idées à ce sujet depuis deux ans, à Mons, lui a communiqué, à Versailles, le 6 de ce mois, le résultat suivant. Il a disposé le tuyau de conduite débouchant par une extrémité dans le bief d'amont, et par l'autre dans l'ecluse, bien entendu dans la partie d'aval de cette écluse. Mais il n'a pas osé, à cause de considérations locales relatives à la solidité des constructions dans un mauvais terrain, le faire déboucher tout à fait dans l'enclave des portes d'aval, de sorte que son extrémité est plus gênée qu'elle ne devrait l'être par la présence de bateaux dans l'écluse.

Malgré cette circonstance défavorable, le tuyau en maçonnerie ayant quatre mètres de section, le remplissage s'est fait plus vite que par les moyens ordinaires quand on a ouvert la porte de flot de ce tuyau; et, en vertu de la vitesse acquise, l'eau est montée dans l'écluse au-dessus du niveau du bief d'amont. Il en est résulté que *les portes d'amont se sont ouvertes d'elles-mêmes, et que le bateau est entré de lui-même dans le bief d'amont.*

On sait que ces deux manœuvres, la dernière surtout, prenaient du temps, étaient assez pénibles, et que l'ancienne manière d'ouvrir les portes d'amont tendait à les détériorer;

tandis que maintenant les pressions qui les ouvriront s'exer ceront avec plus de régularité.

M. Maus a observé en grand un phénomène que M. de Caligny avait, dit-il, observé dans diverses circonstances, et qu'il a décrit dans des mémoires déjà anciens.

Quand on a ouvert la porte de flot de ce tuyau, située provisoirement vers la partie d'aval, la pression de l'eau du bief d'amont étant d'abord employée à vaincre l'inertie de la colonne liquide, on s'en est aperçu à la manière dont s'est comportée l'extrémité d'aval de cette colonne, qui s'abaisse par suite d'une diminution momentanée dans les pressions de ce côté.

M. de Caligny a proposé à M. Maus, dans une lettre du 11 avril, de faire l'expérience suivante. On fermerait les deux extrémités de l'écluse au moyen de poutrelles, de manière à pouvoir tirer le bateau un peu en amont afin de démasquer complétement l'orifice du tuyau dans l'écluse. On observerait ensuite plusieurs oscillations au-dessus et au-dessous du niveau du bief d'amont, après avoir au besoin fait baisser le niveau de ce bief si les bajoyers de l'écluse ne s'élèvent pas assez haut au-dessus de ce niveau ; les poutrelles étant, bien entendu, entassées jusqu'au niveau de ces bajoyers. On aurait ainsi un moyen : 1° d'étudier sur une très grande échelle les coefficients des résistances passives dans les oscillations de l'eau, et pour des surfaces frottantes en *maçonnerie* ; 2° comme la longueur du tuyau resterait la même, tandis qu'à chaque oscillation la hauteur de l'eau diminuerait dans l'écluse, on aurait un moyen d'étudier directement l'influence du *rapport* de la longueur du tuyau à la hauteur de l'éclusée.

M. de Caligny avait, dit-il, prescrit de donner aux tuyaux de conduite de ses colonnes liquides oscillantes des longueurs telles qu'on ne fût, sauf ce qui va être dit, arrêté que par la dépense dans la détermination de ces longueurs, quant aux limites dont il s'agit, pour les écluses où les vitesses seront toujours grandes. L'augmentation de ces diamètres peut compenser la diminution de vitesse provenant de ces longueurs, relativement à la durée totale de l'opération. On aura ainsi un moyen direct d'étudier dans quelles limites il est assez utile d'augmenter ces longueurs sans faire des dépenses exagérées, et sans trop augmenter la difficulté quelconque provenant de la *manœuvre des portes* de ces grands tuyaux. Il rappelle qu'il a proposé de faire faire au besoin *diverses espèces de circuits à*

ses tuyaux de colonnes oscillantes pour les écluses. Il ajoute que M. Maus ayant compris l'utilité de ces circuits, il espère qu'il construira un *tuyau à circuits* d'assez grand diamètre d'ailleurs pour essayer de remplir, même par une seule oscillation, un bassin d'épargne existant près d'une des écluses de Belgique. M. de Caligny rappelle à ce sujet ses communications des 18 mai, 9 novembre, 16 novembre, etc., de l'année 1844, en renvoyant aux notes publiées dans le journal *l'Institut.*

Quoique l'observation, objet de cette note, semble intéresser bien plus directement l'économie de temps que celle de l'eau dont il ne paraît pas qu'on ait besoin à cette écluse, M. de Caligny a proposé à M. Maus de disposer le système de fermeture à la partie d'amont du tuyau, afin de pouvoir profiter de la vitesse acquise pour relever dans l'écluse une certaine quantité d'eau du bief d'aval, au moyen d'une porte ou d'une sorte de vanne cylindrique, etc., s'ouvrant et se fermant aux époques convenables. Au reste, à partir de l'instant où M. de Caligny a appris que l'administration des ponts et chaussées de France, sur le rapport du conseil général des ponts et chaussées, venait d'autoriser des expériences sur sa machine proprement dite relative aux écluses, il s'est borné à recommander plus spécialement à M. Maus ses idées sur les moyens de faire entrer ou sortir l'eau des écluses par des tuyaux en maçonnerie d'une grande longueur. C'est ce qui explique pourquoi il lui reste à faire quelques observations sur la manière dont un de ces tuyaux a été construit.

Séance du 20 avril 1861.

Chimie minérale. — M. Henri Sainte-Claire Deville a communiqué, au nom de M. Damour, le résultat de quelques analyses qu'ils ont faites en commun sur différents minéraux contenant du niobium.

Dans le niobite de Chanteloubé (Limousin), MM. A. Damour et H. Sainte-Claire Deville ont trouvé, en outre du fer, du manganèse et de l'étain, une petite quantité de tungstène et un acide niobique dont les propriétés sont telles qu'il pourrait être confondu avec l'acide dianique de M. de Kobell. Avec quelques précautions faciles à trouver, on parvient à dissoudre *entièrement* cet acide métallique au moyen de l'étain pur et de l'acide chlorhydrique en formant une solution d'un beau bleu. Cette couleur est, d'après de M. de Kobell, un caractère distinctif de l'acide dianique. La même observation s'applique à l'acide

extrait du niobite du Groënland, si bien que ces deux minéraux devraient porter le nom du nouveau métal de M. de Kobell. Les auteurs pensent néanmoins qu'il serait plus sage de considérer jusqu'à nouvel ordre le nouvel acide comme étant *la modification bleue* des acides du niobium, si bien décrite dans la belle monographie que M. H. Rose a publiée sur ce métal. Cette assertion devient très probablement vraie, puisqu'en recherchant l'acide dianique dans l'euxénite où M. de Kobell lui-même en a trouvé, les auteurs ont obtenu un acide qui n'est pas différent de l'acide niobique extrait des minéraux du Groënland et du Limousin. On doit conclure de ces recherches, ou que ces matières sont exclusivement composées du nouvel acide dianique, ou que celui-ci est identique avec l'un des acides du niobium de M. H. Rose. C'est l'opinion à laquelle s'arrêtent les auteurs de ce travail qui, n'ayant pas eu entre les mains le nombre des matériaux nécessaire à la solution de la question, ne la traitent qu'avec beaucoup de réserve.

Physiologie. *Observations sur le mode de production de la voix chez les Oiseaux à long cou.* — Sous ce titre, M. Pucheran a communiqué aussi à la Société, dans cette séance, la note suivante :

La production de la voix est, dans la classe des Mammifères, difficile chez les espèces dont le cou est très allongé. Il en est ainsi chez les Cerfs, Antilopes et Solipèdes. Chez la Girafe, dont la région cervicale égale le tronc en longueur, si même elle ne le dépasse, cette fonction de la phonation peut être considérée comme tout à fait annihilée, car nous ne croyons pas qu'un seul observateur ait constaté, dans les individus de ce genre, la production du son vocal.

De même que chez les Cerfs, les Antilopes et les Solipèdes, la voix se produit très difficilement chez les Oiseaux à long cou, quel que soit l'ordre de la classe ornithologique à laquelle ils appartiennent. Il nous a été facile de constater ce fait par des observations nombreuses et fréquemment répétées, dans la ménagerie du Muséum de Paris. Les mêmes observations nous ont permis de porter notre attention sur les diverses attitudes et les divers actes qui, dans tous ces types, précèdent et accompagnent la production du son vocal.

Lorsqu'un Oiseau, dont la région cervicale présente un certain degré de longueur, se borne à pousser un simple cri, ce cri n'exige de sa part que la contraction des muscles abdomi-

naux. Mais, lorsque le cri initial est prolongé et continué, lorsque d'autres sons lui succèdent, l'Oiseau se fixe sur ses pieds et se met au repos : le bec et la tête sont projetés soit en avant, soit en haut, le cou s'allonge, les muscles abdominaux se contractent, et cette contraction est parfois suivie de mouvement d'élévation et d'abaissement dans les rectrices et les tectrices caudales inférieures. D'autres fois, enfin, la mandibule inférieure s'élève et s'abaisse, la supérieure partageant l'état de fixité de la tête, du cou et des pattes.

Ces divers actes indiquent suffisamment le mode de production du son vocal dans les diverses espèces (*Paon domestique, Pintade plitorynque, Grue d'Europe, Grue de Montigny, Ibis sacré, Oie domestique, Oie d'Égypte, Goelands, Mouettes, Milan royal, Pigargue d'Europe, Serpentaire d'Abyssinie*) qu'il nous a été permis d'étudier sous ce point de vue. Les pattes et les membres inférieurs, étant fixés, fournissent aux muscles abdominaux, pour leurs contractions, qui paraissent très énergiques, un point d'appui convenable sur les os pelviens. L'air est alors expulsé des sacs aériens auxquels M. Sappey a donné le nom de *réservoirs abdominaux*. Il l'est également, sans nul doute, mais d'une manière moins immédiate, de ceux de ces sacs que cet observateur a désignés sous le nom de *réservoirs diaphragmatiques*. En insufflant ces réservoirs, soit pendant la vie, soit après la mort, M. Sappey est, en effet, parvenu à reproduire la voix et le chant de l'espèce d'Oiseau soumise à son expérimentation (1). Au sortir de ces divers sacs aériens et des poumons, l'écoulement de l'air s'opère avec plus de vitesse, par suite de l'étroitesse du tuyau vocal, déterminée par l'allongement du cou et de la projection, soit en avant, soit en haut de la tête et du bec : par suite de cette étroitesse, les ondes sonores sont également produites avec plus de facilité.

Tous les physiologistes ont signalé que, chez l'Homme, l'acuité du son vocal coïncide avec l'allongement et, par suite, l'étroitesse de la trachée. Les observations qui précèdent nous ont donné occasion de constater le même fait, et de le constater sans avoir besoin de recourir à l'expérimentation. Tous les sons vocaux émis par les diverses espèces dont nous avons plus haut cité les noms sont essentiellement rauques et d'une extrême acuité : ils le sont surtout chez la Grue de

(1) Recherches sur l'appareil respiratoire des Oiseaux, p. 56.

Chine désignée par le prince Charles Bonaparte sous le nom d'*Antigone Montignyesa*. Mais, quelque intenses qu'ils soient, ils cessent très promptement, particularité très facile à expliquer lorsqu'on réfléchit à la fatigue que déterminent, chez ces animaux, d'une part, les diverses attitudes que nous avons exposées, et, d'autre part, l'énergie de contraction de leurs muscles abdominaux. Chez une des espèces que j'ai observées, le Milan royal, la voix est cependant assez agréablement flûtée ; mais, quoiqu'elle porte un cou médiocrement allongé, elle est bien fixée sur son perchoir, bien immobile, lorsqu'elle fait entendre son chant, toujours abaissant et élevant sa mandibule inférieure. Nous avons rarement constaté ce fait dans les autres types soumis à notre observation. Nous en dirons autant du battement des ailes contre les parois latérales du thorax : ajoutons qu'il nous est impossible, pour le moment, de déterminer l'influence de ce mouvement sur la production des sons vocaux.

Quoi qu'il en soit, les divers faits que nous venons de signaler nous semblent de nature à démontrer que dans les divers Échassiers, Palmipèdes, Gallinacés et Rapaces dont les noms sont cités plus haut, les réservoirs aériens abdominaux remplissent, pour la production des sons vocaux, l'office de soufflet, attribué, chez l'Homme, par tous les physiologistes, à l'organe pulmonaire.

Ajoutons, en terminant, que, quoique certaines de nos observations aient porté sur des espèces dont le cou est peu allongé (*Milan royal*, *Pygargue d'Europe*, *Aigle d'Algérie*), et que l'une d'entre elles émette un son vocal essentiellement doué d'intonations flûtées, il nous paraîtrait hasardé de conclure que le chant est, chez les Oiseaux chanteurs par excellence, produit de la manière que nous venons d'exposer. C'est, dès lors, un sujet d'études que nous recommandons aux zoologistes qui se trouveront placés dans des circonstances plus favorables que celles où nous nous sommes trouvé jusqu'ici. Quant à nous, si l'occasion s'en présente plus tard, nous nous garderons bien de la négliger.

Séance du 27 avril 1861.

Physique. — La note suivante sur la théorie des condensateurs cylindriques a été communiquée à la Société dans cette séance, par M. J.-M. Gaugain :

Je me suis occupé dans une première série de recherches

(Acad. des sc., séance du 18 février 1861) des condensateurs cylindriques *concentriques*, c'est-à-dire des condensateurs que l'on obtient en mettant en présence deux cylindres de même axe et de diamètres différents; j'ai déterminé la relation très simple qui existe entre la charge de cette espèce de condensateur et les rayons des cylindres qui constituent ses armures. Les nouvelles expériences dont je vais indiquer les résultats ont eu pour but de résoudre un autre problème; je me suis proposé de rechercher suivant quelle loi la charge varie, lorsque les diamètres des cylindres armures restent constants et qu'on se borne à faire varier la distance de leurs axes en les maintenant toujours parallèles l'un à l'autre.

Les résultats exposés dans ma première note ont une certaine importance au point de vue philosophique, en ce sens qu'ils tendent à justifier les vues de M. Faraday; mais ils ne suffisent pas cependant pour démontrer que la théorie ordinaire de l'influence doit être définitivement abandonnée. J'ai constaté que dans le cas des condensateurs cylindriques concentriques les résultats de l'expérience s'accordent très exactement avec une formule qui peut être déduite *à priori* de la théorie d'Ohm; mais j'ignore à quelle formule conduirait dans le même cas la théorie de Poisson et il n'est pas absolument impossible que, malgré la différence de leurs principes les deux théories conduisent fortuitement à la même loi dans un cas particulier. Il y a même une raison de croire qu'il pourrait en être ainsi dans le cas considéré. En effet, l'un des caractères qui distinguent le plus nettement la théorie de M. Faraday de l'ancienne théorie, c'est que, dans la première, l'influence se propage généralement en lignes courbes, et que dans la seconde elle s'exerce toujours en ligne droite; or, dans le cas particulier des condensateurs cylindriques concentriques ce caractère distinctif disparaît; il résulte de la symétrie de la figure que dans l'une comme dans l'autre théorie l'influence doit se propager exclusivement en ligne droite. Il ne semble donc pas impossible que les deux théories conduisent aux mêmes résultats. D'après cette considération, j'ai cru qu'il serait intéressant d'opérer sur des condensateurs dont la disposition ne fût pas symétrique, et j'ai entrepris d'établir empi-

riquement la loi des condensateurs cylindriques *excentriques*. Pour de tels appareils, l'influence doit se propager en lignes courbes suivant la théorie de M. Faraday, elle doit s'exercer en ligne droite suivant la théorie ordinaire, et il paraît bien peu probable que les deux théories aboutissent à la même loi mathématique.

La méthode expérimentale dont j'ai fait usage est extrêmement simple : j'ai pris deux tuyaux de métal, l'un de 10^{mm}, l'autre de 80^{mm} de diamètre, tous deux de la même longueur (1^{m}), et j'ai placé le plus petit dans le plus grand ; les axes ont été maintenus parallèles dans toutes les expériences, mais placés successivement à différentes distances l'un de l'autre, et pour chaque position j'ai déterminé la charge que prenait le cylindre intérieur lorsqu'il était mis en rapport avec une source constante et que le cylindre extérieur communiquait avec le sol ; j'ai exécuté cette détermination au moyen de l'électroscope à décharges, dont j'ai fait un si fréquent usage dans mes précédentes recherches. Voici les résultats obtenus dans une série d'expériences.

Distance des axes.	Charges du cylindre intérieur.
0^{mm}	1000
17,5	1137
20	1155
23	1241
25	1310
27	1482
30	1724

Si l'on prend pour abscisses les excentricités et pour ordonnées les charges correspondantes, on peut construire la *courbe des charges* et il ne reste plus qu'à rechercher si la relation que cette courbe représente s'accorde ou non avec la théorie d'Ohm. Pour résoudre cette question j'ai eu recours à une méthode indirecte qui dispense de tout calcul.

Si l'on imagine que les armures cylindriques du condensateur employé dans les expériences dont je viens de parler soient séparées, non plus par de l'air, mais par un milieu con-

ducteur, et si l'on suppose que ces armures devenues des électrodes soient maintenues à des tensions différentes, il est clair qu'il y aura un flux transmis d'un cylindre à l'autre et la grandeur de ce flux sera liée à la distance des axes par une relation qui sera d'accord, on n'en peut pas douter, avec la théorie d'Ohm. Si donc on construit empiriquement la courbe qui représente les flux en fonction de l'excentricité, on pourra considérer cette courbe comme étant l'expression rigoureuse de la théorie, et s'il arrive qu'elle coïncide avec la courbe des charges fournie par la précédente série d'expériences, il en résultera nécessairement que la loi des charges est elle-même conforme à la théorie d'Ohm. Tout se réduit donc à déterminer expérimentalement la courbe des flux.

Pour arriver à cette détermination, j'ai successivement employé deux méthodes complétement différentes; j'ai opéré d'une part sur une dissolution de sulfate de cuivre, et de l'autre sur un liquide que l'on a coutume de classer parmi les corps isolants, sur l'huile d'olive. Les courbes des flux fournis par les deux séries d'expériences ont été identiques l'une avec l'autre et identiques avec la courbe des charges précédemment obtenue. Ainsi la *résistance à l'influence* est exprimée par la même loi que la *résistance à la conductibilité* dans le cas des condensateurs cylindriques excentriques comme dans le cas des condensateurs cylindriques concentriques.

Le procédé d'expérimentation que je viens d'indiquer peut être appliqué aux condensateurs de toutes formes et je me propose de m'en servir pour exécuter encore de nouvelles vérifications; mais dès ce moment il me paraît à peu près certain que, conformément aux vues de M. Faraday, la même théorie, la théorie d'Ohm régit à la fois les phénomènes d'influence et les phénomènes de propagation.

Depuis que j ai terminé les expériences qui font l'objet de cette note, M. Blavier a eu l'obligeance de me faire connaître la formule théorique qui représente la résistance d'un anneau compris entre deux cylindres excentriques. Voici cette formule : elle se déduit facilement de la théorie de la propagation dans un plan que M. Kirchoff a établie en partant des principes posés par Ohm:

$$\rho = k \log \frac{R^2+r^2-\alpha^2+\sqrt{(R+r+\alpha)(R+r-\alpha)(R-r+\alpha)(R-r-\alpha)}}{R^2+r^2-\alpha^2-\sqrt{(R+r+\alpha)(R+r-\alpha)(R-r+\alpha)(R-r-\alpha)}}$$

ρ représente la résistance, R et r les rayons des cylindres, α l'excentricité, k est une constante.

Je me suis assuré que cette formule représente d'une manière satisfaisante les courbes que je suis parvenu à tracer empiriquement soit par l'étude des flux, soit par l'étude des charges.

Hydraulique. — M. de Caligny a communiqué aussi dans cette séance une note sur quelques propriétés du système d'écluses de navigation à colonne oscillante dont il a déjà bien des fois entretenu la Société. (On renvoie au besoin, pour abréger, aux notes publiées sur ce sujet dans *l'Institut*, notamment à celle du 14 décembre 1844, p. 424.)

Dans la séance du 13 de ce mois, dit l'auteur de cette note, j'ai communiqué des expériences faites en Belgique sur une manœuvre de ce système permettant d'ouvrir les portes d'amont, et de faire passer le bateau montant de l'écluse dans le bief d'amont au moyen du seul mouvement d'une grande colonne liquide oscillante. Il est évident, dit-il, qu'à l'époque où l'écluse se vide, on peut aussi faire ouvrir d'elles-mêmes les portes d'aval, en profitant du mouvement acquis de l'eau dans le tuyau de vidange pour faire baisser le niveau de l'eau dans l'écluse au dessous de celui de l'eau du bief d'aval, de manière à faire ouvrir ces portes en vertu de la pression de l'eau de ce dernier bief. Mais on ne voit pas d'abord aussi bien comment le bateau descendant peut sortir de lui-même du sas pour entrer dans le bief d'aval. En effet, si, quand l'écluse se remplit, le bateau montant est tout naturellement repoussé dans le bief d'amont en vertu de l'exhaussement du niveau de l'eau dans l'écluse, c'est d'abord un abaissement de niveau qui se présente dans l'écluse quand elle se vide comme on vient de l'expliquer. Mais il y a lieu, dit-il, d'espérer que l'eau du bief d'aval se précipitant ensuite dans l'écluse, en vertu même de cet abaissement qui fera ouvrir les portes d'aval, il résultera du mouvement acquis pendant cette rentrée un exhaussement au-dessus du niveau de ce même bief, et, par

suite, une cause pour repousser le bateau descendant hors de l'écluse dans ce bief, en supprimant la main-d'œuvre comme pour le bateau montant. Cependant, s'il est utile de signaler cette idée théorique, il est plus nécessaire que pour le bateau montant d'étudier la manœuvre par expérience avant de pouvoir apprécier dans tous ses détails le résultat pratique.

Pour le cas de la vidange, le tuyau peut être considéré comme ayant deux buts à obtenir, abstraction faite de son utilité pour épargner l'eau, qui a été expliquée dans d'autres communications : 1° la vitesse acquise de l'eau qu'il contient sera employée à faire baisser le niveau de l'eau dans l'écluse au-dessous de celui du bief d'aval, pour obtenir les effets dont on vient de parler; 2° il est utile, abstraction faite de tout effet du genre de ceux qui font l'objet de cette note, que l'eau puisse rentrer au besoin du bief d'aval dans l'écluse par ce tuyau quand le bateau sort de cette écluse, afin de diminuer la résistance éprouvée par ce bateau dans le cas où il n'y aurait pas un exhaussement de niveau suffisant pour le pousser tout naturellement en dehors. Il est clair qu'abstraction faite de tout exhaussement de ce genre, si l'eau pouvait revenir derrière le bateau pendant qu'il pousse celle qui est devant lui, cela diminuerait la résistance. Mais l'auteur convient que si le tuyau restait ouvert pendant toute la manœuvre, et si l'eau d'aval qui doit faire exhausser le niveau de l'eau dans l'écluse y trouvait une issue pour s'échapper, quoique cette issue eût une section moindre que l'écluse, il serait difficile de préciser le résultat de ces effets avant d'avoir fait l'expérience.

Au reste, ajoute M. de Caligny, il suffit, pour montrer en quoi consiste le *principe*, de supposer 1° qu'on empêche les portes d'aval de s'ouvrir avant que la vitesse soit éteinte dans le tuyau de vidange ; 2° qu'on ferme alors ce tuyau; 3° qu'on laisse les portes d'aval s'ouvrir ; 4° qu'on laisse l'exhaussement se produire dans l'écluse comme cela a été expliqué ci-dessus ; 5° que si cet exhaussement n'est pas suffisant pour faire sortir le bateau de l'écluse, on n'ouvre pas le tuyau dont il s'agit avant que le niveau soit redescendu dans l'écluse à la hauteur de celui du bief d'aval.

Si l'on craignait qu'il n'y eût un mouvement trop fort dans

l'écluse, pour le cas où l'on attendrait, avant de laisser ouvrir les portes, que la vitesse fût éteinte dans le tuyau de vidange, il suffirait de faire observer que ces effets ne devront sans doute, en général, être produits qu'au moyen d'un restant de travail disponible, qui serait perdu à partir du moment où, pour abréger la manœuvre, on cesse de faire fonctionner l'appareil proposé par M. de Caligny pour épargner l'eau dans le service des écluses de navigation, le tuyau de vidange restant alors ouvert.

Au reste, il ne s'agit que de l'exposition sommaire d'un principe sur lequel l'auteur reviendra ultérieurement.

Il ajoute que dans des expériences en grand sur ce système, qu'on monte en ce moment par ordre du ministre des travaux publics, il compte profiter de la vitesse acquise de ses tubes mobiles oscillants et de leurs balanciers pour les faire accrocher alternativement à des déclics, de manière à obtenir des levées plus grandes avec moins d'étranglements des veines liquides. Si cela semble au premier aperçu devoir trop diminuer la force de succion qui doit ramener alternativement ces tubes sur leurs siéges, il y aura égard soit au moyen de flotteurs disposés à l'extrémité de chaque balancier opposée à chaque tuyau, soit au moyen d'un levier coudé d'une manière analogue à ce qu'il a dit dans son mémoire sur une machine à flotteur oscillant publié en 1847 dans le *Journal de mathématiques pures et appliquées* de M. Liouville.

Séance du 4 mai 1861.

Dans une autre communication faite dans cette séance, M. de Caligny a indiqué un moyen qui dispense de manœuvrer la porte de flot du tuyau de vidange d'une écluse de navigation, à l'époque où l'on veut que le bateau sorte de lui-même de cette écluse dans le bief d'aval, selon ce qu'il a dit dans la séance précédente.

Si, en vertu du mouvement acquis de l'eau dans ce tuyau de vidange, le niveau est baissé assez au-dessous de celui du bief d'aval, pour que l'eau de ce bief fasse ouvrir les portes d'aval, et qu'à cette époque le mouvement soit éteint dans ce tuyau, il n'est pas nécessaire de fermer ce dernier, par lequel

l'eau du bief d'aval peut rentrer dans l'écluse en même temps que par les portes dont il s'agit. Le gonflement de l'eau dans l'écluse qui doit suivre l'abaissement dont on vient de parler n'en sera sans doute que plus régulier s'il résulte d'une affluence du liquide par les deux extrémités du sas.

Mais en supposant l'exhaussement de l'eau dans l'écluse devenu suffisant pour repousser le bateau dans le bief d'aval, sans qu'un autre moteur soit nécessaire à cette époque, il faut voir s'il n'y a pas d'inconvénient à laisser alors ouvert le tuyau dont il s'agit. Si l'eau pouvait y reprendre, en vertu même de cet exhaussement, un mouvement de dedans en dehors de l'écluse, vers l'époque où le niveau dans cette écluse serait redescendu à la hauteur de celui du bief d'aval, on peut demander si le bateau, dans le cas où il ne serait pas encore entré dans le bief d'aval, ne serait pas obligé de repousser de l'eau devant lui, sans qu'il en revînt derrière lui par ce tuyau, dont l'eau serait en mouvement en sens contraire de celui qui serait le plus favorable à la sortie du bateau.

M. de Caligny, après avoir fait les diverses observations qui précèdent, ajoute qu'il suffit sans doute de donner à ce tuyau une assez grande longueur, s'il est supposé débouchant par une extrémité dans l'écluse près des portes d'amont, et par l'autre dans le bief d'aval.

Le but de cette longueur est, dit-il, d'essayer de faire en sorte que le mouvement de l'eau, arrivant par ce tuyau à l'époque où elle coule de dehors en dedans de l'écluse, ne soit pas éteint avant l'époque où il faudrait précisément rouvrir ce tuyau, dans le cas où il aurait été fermé. Il y a lieu d'espérer que si ce tuyau était assez long, le mouvement de l'eau dans le sens voulu durerait plus que cela ne serait indispensable ; et que s'il durait encore au moment où l'on vient de dire qu'il faudrait rouvrir le tuyau dans le cas où ce dernier aurait été fermé, ce mouvement serait une très bonne chose, puisqu'il amènerait dans le sens voulu de l'eau dont on aurait eu à vaincre l'inertie dans le cas où elle serait partie du repos.

Il ne s'agit dans cette communication que de l'exposé d'un principe nouveau. Il faudra, dit lui-même l'auteur, voir si dans la pratique il ne résultera aucun inconvénient pour les

bateaux de la manière dont l'eau entrera par les portes d'ava. devenues automatiques ; de combien il sera nécessaire de faire baisser le niveau de l'eau dans l'écluse ; et, par suite, de combien il sera nécessaire d'approfondir cette écluse pour que cette baisse momentanée de niveau ne fasse pas toucher le fond par les bateaux ; enfin de quelle longueur on pourrait se contenter pour le tuyau destiné à produire les effets d'inertie dont on vient de parler.

Quant à la baisse du niveau dans l'écluse, lorsqu'on aura reconnu celle qui sera suffisante, il sera d'autant plus facile de l'obtenir avec précision si l'on veut, que le tuyau dont il s'agit pourra être celui d'un appareil depuis longtemps communiqué à la Société par M. de Caligny comme pouvant servir à relever au bief supérieur une partie de l'éclusée. Or, il suffira d'arrêter le jeu de la machine proprement dite, quand il restera dans l'écluse la quantité d'eau nécessaire pour produire, par un écoulement abandonné à lui-même, la dénivellation dont on aura reconnu qu'on peut se contenter au-dessous du niveau de l'eau du bief d'aval.

Séance du 18 *mai* 1861.

Optique.—M.P. Desains a rappelé à la Société une communication déjà ancienne, dans laquelle il avait exposé les résultats obtenus par lui en faisant tomber sur une lame de spath d'Islande une nappe conique de rayons lumineux.

La lame de spath est terminée par deux faces parallèles entre elles, et perpendiculaires à l'axe de la nappe conique incidente.

En ces conditions, si la face d'incidence est perpendiculaire à l'axe du cristal, on obtient à l'émergence deux nappes lumineuses coniques dont les sections droites sont deux cercles concentriques.

Si la lumière incidente est polarisée, ces deux cercles présentent chacun deux points complétement noirs, situés aux extrémités d'un diamètre.

Le diamètre, qui dans l'un des anneaux passe par ces points noirs, est perpendiculaire à celui qui joint les points obscurs du deuxième anneau.

Si les faces d'incidence et d'émergence sont parallèles à l'axe, on obtient un cercle et une ellipse concentriques et se coupant en quatre points.

Si la lumière incidente est polarisée, et si l'on fait tourner son plan de polarisation, le cercle et l'ellipse disparaissent alternativement.

Dans le cas général où la face d'incidence a une position quelconque par rapport à l'axe du cristal, le cercle et l'ellipse subsistent, mais ils ne sont plus concentriques.

M.P. Desains a mis sous les yeux de la Société des épreuves photographiées de ces phénomènes ; il les a obtenus avec l'obligeant concours de M. Bourbouze.

Paléontologie. *Sur une ancienne station humaine, avec sépulture contemporaine des grands Mammifères fossiles réputés caractéristiques de la dernière période géologique.* — M. Ed. Lartet a lu à la Société, dans cette séance, la note suivante :

La découverte première de cette sépulture remonte à plusieurs années; elle est due à un ouvrier terrassier, J.-B. Bonnemaison, qui, en abattant, aux environs d'Aurignac (Haute-Garonne), un talus de terre meuble amoncelée au pied d'un escarpement de roche calcaire, se trouva tout à coup en présence d'une grande dalle appliquée verticalement contre une ouverture cintrée. Cette dalle retirée lui laissa apercevoir, dans une sorte de niche ou grotte peu profonde, une grande quantité d'ossements et plusieurs crânes humains. L'ordre d'enlever ces ossements pour les réensevelir au cimetière de la paroisse fut donné par M. le docteur Amiel, maire d'Aurignac; mais, avant d'en faire opérer la translation, ce médecin instruit constata qu'il s'y trouvait des restes de dix-sept individus. Certaines formes lui parurent rapportables à des femmes, tandis que d'autres parties de squelettes attestaient, par leur état d'ossification incomplète, la présence de sujets n'ayant pas dépassé la limite de l'adolescence. On recueillit, avec ces débris humains, quelques dents de Mammifères carnassiers ou herbivores, et dix-huit petits disques ou rondelles percées dans leur milieu, sans doute pour en faciliter l'assem-

blage en bracelet ou tout autre ornement; quelques-uns de ces disques, d'une substance compacte et blanchâtre, furent envoyés à M. Leymerie, professeur de géologie à la faculté des sciences de Toulouse, qui a bien voulu récemment les mettre à ma disposition. J'ai cru reconnaître que ces objets de parure avaient été fabriqués avec la partie épaisse du têt d'une coquille marine du genre *Cardium*, et ce premier aperçu a été confirmé par l'examen plus décisif qu'a bien voulu en faire M. Deshayes.

Me trouvant de passage à Aurignac, en octobre dernier, les circonstances de cette découverte me furent rappelées par M. Vieu, conducteur des ponts et chaussées, avec de nouveaux détails qui me décidèrent à visiter l'emplacement de la sépulture et à y faire quelques recherches. Les premiers coups de pioche appliqués dans la grotte, à l'endroit même où gisaient les squelettes, amenèrent au jour une dent et quelques os humains (1), un bois de Renne, plusieurs os entiers de grand Ours des cavernes, des dents de Cheval, d'Aurochs, etc., des silex taillés, et, de plus, une portion de bois de Renne soigneusement travaillé et façonné en arme appointie par un bout, tandis que l'autre extrémité, coupée en bec de flûte, paraissait destinée à être emmanchée. En dehors de la grotte ou cavité sépulcrale et à la base d'un remblai de terre meuble accumulée sur un espace de quelques mètres carrés, se montrait, en affleurement, une assise noirâtre dans laquelle je distinguai de nombreux débris de charbon mêlés de cendres et de terre de même nature que la terre végétale à l'entour. Il fut aisé d'extraire de cette couche quelques dents d'Aurochs, de Renne et plusieurs os en partie calcinés. Dès lors l'exploration régulière et complète, tant de l'intérieur de la grotte que de

(1) Sur une dixaine d'os humains qui étaient restés engagés dans la terre meuble de la sépulture, il n'y en a aucun qui puisse être attribué à des sujets de taille grande ni même moyenne. L'auteur croit devoir ajouter, sans cependant en tirer dès à présent aucune induction, que tout ce qu'il a observé, jusqu'à ce jour, d'ossements d'Homme strictement rapportables à cette première phase de la période humaine, provenaient d'individus de petite taille.

ses abords, fut résolue et achevée, en deux reprises, après plusieurs jours d'un travail exécuté par des ouvriers intelligents et constamment sous ma surveillance. Ces fouilles ont donné les résultats suivants :

La couche de cendres et de charbon, dont l'épaisseur variait de quinze à vingt centimètres, s'étendait sur une espèce de plate-forme de cinq à six mètres carrés de superficie, jusqu'à l'entrée de la grotte, mais sans y pénétrer. Elle renfermait une grande quantité d'ossements, quelques-uns carbonisés, d'autres simplement roussis par un chauffement peu intense, et le plus grand nombre n'ayant pas subi l'action du feu Il y avait aussi beaucoup d'ossements et des parcelles de charbon disséminés dans une partie du remblai de terre meuble qui recouvrait la couche de cendres. Dans l'une et l'autre assise, les ossements d Herbivores se sont montrés dans une proportion numérique plus forte que ceux des Carnassiers. Parmi ces derniers, j'ai pu constater la présence des espèces suivantes : grand Ours des cavernes (*Ursus spelæus*), autre Ours de moindre taille (*U. arctos?* Blaireau, Putois, Loup, Renard, Hyène (*H. spelæa*), grand *Felis* des cavernes (*F. spelæa*), Chat sauvage (*F. catus ferus*).

Les Herbivores étaient représentés par un nombre à peu près égal d'espèces: Éléphant (*El. primigenius*), Rhinocéros (*Rh. tichorhinus*), Cheval, Ane, Cerf commun, Cerf gigantesque (*Megaceros hibernicus*), Renne, Chevreuil, Aurochs (*Bison europœus*). La présence du Chien domestique, que j'ai pu constater dans d'autres stations remontant à une haute antiquité, ne se révèle ici par aucune circonstance même d'évidence indirecte.

Les os d'Herbivores, particulièrement ceux à cavités médullaires, étaient cassés et fragmentés dans un plan uniforme et visiblement à l'intention d'en extraire la moelle. Plusieurs présentent des entailles et des traces de râclures produites par des instruments tranchants. Un grand nombre laissent également apercevoir l'empreinte énergique des dents d'un grand Carnivore, la Hyène probablement, qui s'était attaquée jusqu'aux diaphyses des os très épais et très compactes de Rhinocéros et d'Aurochs. Du reste, la rencontre, dans les cendres

mêmes du foyer, de coprolithes d'Hyène, témoigne que ces animaux venaient, pendant l'absence de l'Homme, se nourrir des restes de ses repas. C'est aussi à la voracité des Hyènes qu'il faut attribuer la disparition presque totale des vertèbres et des os spongieux d'Herbivores, tandis que ceux des Carnassiers paraissent avoir été respectés par elles. L'état de bonne conservation comparative des os des Carnassiers ferait également supposer que les corps de ces animaux avaient été entraînés là par l'Homme principalement en vue d'utiliser leur fourrure (1), peut-être aussi pour les faire figurer dans certaines consécrations funéraires; car il ne faut pas oublier que, dans le *substratum* de terre meuble resté dans la grotte, sous l'emplacement des sépultures, il s'est trouvé beaucoup d'os entiers de grand Ours, de Loup, de Renard, comme aussi de Cheval, d'Aurochs, de Renne, etc.

On a pu recueillir dans les cendres du foyer, et tout à l'entour, une centaine d'éclats de silex, la plupart façonnés dans le type désigné par les archéologues sous le nom de *couteaux*. Il y avait aussi d'autres silex arrondis et taillés à facettes multiples; on a supposé que ce devaient être des projectiles dont le choc était rendu plus dangereux par les saillies anguleuses ménagées à leur surface. Tous ces objets doivent avoir été taillés sur place, car on a retrouvé à côté les noyaux des blocs siliceux desquels avaient été détachés de nombreux éclats. Un morceau de roche très dure et étrangère à la localité offre certains détails de forme qui semblent destinés à en faciliter la manœuvre pour la retaille du tranchant des silex (?).

D'autres objets travaillés en os et surtout en bois de Renne ont aussi été recueillis en grand nombre. On y distingue des flèches à tête lancéolée, sans aileron ni barbe récurrente, comme en portent celles d'un âge un peu plus récent. Un poinçon, fait d'une perche de Chevreuil à tissu très compacte, est soigneusement effilé et appointi, de façon à bien percer

(1) On remarque cependant sur un fragment de bassin de jeune *Ursus spelæus* des stries nombreuses qui sembleraient avoir été produites par l'action répétée d'un outil tranchant dont on se serait servi pour en détacher les chairs.

les peaux que l'on voudrait rejoindre par une couture. Un autre outil à pointe également très aiguë, mais plus raccourcie, pourrait être considéré comme un instrument de tatouage. Plusieurs lames en bois de Renne, polies sur les deux faces, ressembleraient, d'après M. Steinhauer, l'un des conservateurs du musée d'antiquités de Copenhague, qui les a vues chez moi, aux lissoirs encore employés aujourd'hui par les Lapons pour rabattre les coutures grossières par lesquelles ils rejoignent les peaux de Renne. Une autre lame en bois de Renne présente, sur l'une de ses faces planes, de nombreuses raies transverses, également distancées entre elles, avec une lacune d'interruption qui les divise en deux séries; sur chacun des bords latéraux de ce morceau ont été entaillées de champ d'autres séries de coches plus profondes et régulièrement espacées; on serait tenté de voir là des signes de numération, exprimant des valeurs diverses ou s'appliquant à des objets distincts; serait-ce une marque de chasse, comme l'a pensé M. Steinhauer? Enfin une canine d'*Ursus spelæus*, percée dans toute sa longueur, sans doute pour en faciliter la suspension comme ornement, nous montre un travail plus compliqué, un premier essai de l'art appliqué à la représentation de formes animales; on y reconnaît une imitation très imparfaite de la tête d'un Oiseau.

En résumé, la découverte faite à Aurignac nous fournit le premier exemple rigoureusement constaté d'une sépulture humaine évidemment contemporaine des Hyènes, du grand Ours des cavernes, du Rhinocéros et de plusieurs autres espèces éteintes, si souvent qualifiées d'*antédiluviennes*. La réunion sur ce point de tant de restes d'animaux divers est indubitablement due à l'intervention exclusive de l'Homme. La preuve que ces animaux y ont été entraînés après avoir été récemment abattus résulte de ce que les os de Rhinocéros, d'Aurochs, de Renne, etc., étaient nécessairement encore à l'état frais lorsqu'ils ont été rongés par les Hyènes, après avoir été fragmentés par l'Homme (1). La disposition des lieux et la di-

(1) L'examen chimique que M. Delesse a bien voulu faire des os d'Aurignac fournit aussi un excellent moyen de contrôle pour la question de contemporanéité. Les analyses rigoureuses qu'il en a faites ont démontré que les os

rection des pentes ne permettent pas d'ailleurs d'admettre l'apport de ces débris par des agents naturels; et toute autre explication resterait logiquement insuffisante.

Une autre conclusion importante ressort de l'ensemble des faits observés à Aurignac. C'est que, depuis le moment où l'Homme a vécu là en antagonisme direct avec ces grandes espèces éteintes dont notre imagination est habituée à reporter l'existence dans des temps très reculés, il ne s'est produit, dans cette région, aucune grande invasion aqueuse, aucun bouleversement physique de nature seulement à apporter le moindre changement dans les accidents topographiques du sol. Il a suffi, en effet, pendant la longue série de siècles écoulés depuis l'abandon de cette sépulture, d'une simple dalle de quelques centimètres d'épaisseur pour la mettre à l'abri de toute atteinte extérieure; et c'est sous un mince recouvrement de terre meuble que se sont conservés les débris des derniers repas funéraires, aussi bien que les produits variés d'une industrie grossière, dans lesquels notre esprit cherche à ressaisir quelques traits de mœurs d'une race humaine qui fut peut-être la plus anciennement établie dans notre Europe occidentale.

L'auteur a mis ensuite sous les yeux de la Société d'autres objets travaillés, provenant de stations humaines un peu moins anciennes que celle d'Aurignac; entre autres, des figures d'animaux gravés avec la pointe du silex sur os et sur bois de Cerf, et dans lesquelles on retrouve, avec des lignes de profil de plus en plus correctes, une première application des artifices du dessin, par l'emploi de hachures dans l'indication des ombres. Le raccordement synchronique de ces œuvres d'art antéhistorique avec certaines espèces animales successivement disparues sera exposé dans un travail avec figures présentement en voie de publication.

Séance du 25 mai 1861.

GÉOLOGIE. *Considérations théoriques sur les phénomènes de*

de Renne, d'Aurochs, de Rhinocéros, etc., avaient retenu précisément la même proportion d'azote que ceux d'Homme provenant du même gisement.

la période quaternaire. — M. Scipion Gras a présenté à la Société dans cette séance la note suivante :

La plus intéressante de toutes les périodes géologiques est certainement la dernière, celle que l'on s'accorde aujourd'hui à nommer quaternaire. Elle offre cela de piquant qu'étant très rapprochée de nous, puisqu'elle a précédé immédiatement l'ordre actuel des choses, elle a été remplie par des phénomènes qui sont précisément les plus étonnants et qui s'éloignent le plus de ce qui se passe actuellement à la surface de la Terre. Ainsi, elle nous offre des nappes de cailloux roulés qui, sans aucun doute, ont été charriés par des eaux courantes et qui cependant couronnent des collines isolées, hautes de 200 à 300 mètres au-dessus des rivières les plus rapprochées. C'est à cette époque que des quartiers de rocher d'un volume quelquefois énorme ont été transportés à 10 ou 12 myriamètres des points où ils étaient en place et déposés sur des hauteurs, apres avoir traversé des vallées profondes. On a imaginé bien des systèmes pour se rendre compte des phénomènes quaternaires, et si jusqu'à présent on en a été peu satisfait, c'est probablement parce qu'ils étaient encore plus extraordinaires que les faits mêmes qu'il s'agissait d'expliquer. On a peut-être trop oublié que la nature n'emploie que des moyens simples ; ce qui n'empêche pas qu'ils ne soient féconds et qu'ils ne réalisent les effets les plus grandioses, et c'est surtout en cela qu'ils sont admirables. Nous croyons que tous les phénomènes quaternaires ont été le résultat d'une cause géogénique peu compliquée, qui paraît avoir joué autrefois un grand rôle et dont on observe encore aujourd'hui des restes affaiblis. Avant de le montrer, nous allons rappeler en peu de mots quels sont les principaux monuments qui nous restent de cette période. Ils consistent en dépôts de transport, qui par leur gisement contrastent avec ceux de notre époque, et en érosions qui étonnent l'imagination par leurs proportions gigantesques.

Les dépôts de transport quaternaires, auxquels, conformément à l'usage, nous conserverons le nom de *diluvium*, sont au nombre de quatre qui nous paraissent tous bien distincts

sous le rapport de l'âge. En voici le tableau, en commençant par les plus anciens :

1° *Diluvium des vallées* ou *inférieur*. Ce terrain est caractérisé par son gisement; il occupe le fond des vallées, où il est en partie caché sous les alluvions modernes. Souvent on le voit sortir de dessous ces alluvions et s'élever à droite ou à gauche à une hauteur considérable. On remarque ordinairement dans son sein des blocs volumineux, de beaucoup supérieurs à ceux que les eaux actuelles peuvent rouler. Dans le bassin de Paris, le diluvium inférieur occupe la partie la plus basse de la vallée de la Seine, où il se distingue facilement des alluvions actuelles par ses cailloux granitiques et ses gros quartiers de grès et de poudingue. Dans le Bas Dauphiné, il présente une puissance énorme, égale sur quelques points à plusieurs centaines de mètres; il renferme près de Lyon de gros blocs anguleux et, en même temps, des cailloux finement rayés, comme ceux qui sont au-dessous des glaciers; ce qui semble indiquer que ceux-ci avaient alors dans les Alpes une extension bien plus grande que de nos jours, et que par conséquent le climat était tout différent. Le commencement de la période quaternaire aurait donc été une époque glaciaire. En outre, on observe avec les blocs anguleux et les cailloux rayés des restes de corps marins qui, d'après leur bon état de conservation dans quelques lieux, paraissent contemporains du dépôt. Leur présence est une preuve d'une invasion des eaux de la mer à cette époque, ce qui est confirmé par beaucoup d'autres observations.

2° *Diluvium des plateaux*. Ce diluvium consiste en une nappe argilo-sableuse, habituellement colorée en rouge ou en jaune par de l'oxyde de fer et mêlée quelquefois de cailloux quartzeux. Aux environs de Paris, on l'observe à la surface des plateaux les plus élevés qui dominent le cours de la Seine. Il est assez peu connu : Alexandre Brongniart en a dit à peine quelques mots dans sa *Description géologique des environs de Paris;* M. de Senarmont est le géologue qui en a parlé avec le plus de détails ; quoi qu'il en soit, son existence est certaine. Dans la vallée du Rhône et dans celle de la Saône, ce diluvium couvre de vastes surfaces, en se maintenant à une grande

hauteur au-dessus des rivières ; presque partout, on peut constater sa superposition immédiate sur le diluvium inférieur.

3° *Diluvium des terrasses.* Ce terrain diluvien est par sa position topographique intermédiaire entre les deux précédents; il recouvre les terrasses, qui ne sont autre chose que les anciens lits des rivières lorsqu'elles coulaient à un niveau supérieur à leur lit actuel. On y distingue en général deux assises dont la plus ancienne est caillouteuse et la plus récente argilo-sablonneuse; presque toujours l'une et l'autre renferment beaucoup d'oxyde de fer. Ce terrain de transport est représenté à Paris par celui que l'on a nommé quelquefois *diluvium rouge;* c'est une couche de cailloux siliceux et de sable ferrugineux, qui recouvre les plaines basses à droite et à gauche du cours de la Seine. Sur les bords du Rhin, la partie argilo-sableuse de ce dépôt a une puissance et une étendue considérables; elle est connue depuis longtemps sous le nom de lehm. Dans la vallée du Rhône, le lehm est remplacé par un gravier siliceux rougeâtre, qui borde le fleuve presque jusqu'à la mer.

Il est facile de s'assurer dans l'Alsace et dans le Dauphiné que le diluvium des terrasses ne s'est formé qu'après des érosions profondes, qui ont entamé les deux premiers terrains de transport ; en sorte qu'il y a eu pour le sol deux époques différentes de dénudation. Les vallées ont été creusées une première fois, tout à fait au commencement de la période quaternaire ; puis comblées presque en totalité par une grande quantité de matières meubles; puis creusées une seconde fois. Cette dernière érosion, ayant été intermittente, a donné lieu à la création des terrasses qui sont, comme nous l'avons dit, d'anciens lits étagés.

4° *Blocs erratiques superficiels.* Ces blocs manquent en France dans les pays de plaine ; on ne les rencontre que dans le voisinage des hautes montagnes et particulièrement autour des Alpes. Ce sont des quartiers de rocher d'un volume en général considérable, que l'on observe sur des points plus ou moins élevés, bien loin de leur point de départ et au delà de vallées larges et profondes qu'ils ont dû nécessairement traverser. La plupart des géologues pensent aujourd'hui qu'ils ont été

transportés sur le dos d'anciens glaciers; mais alors il faut admettre que notre climat avait éprouvé à cette époque, de même qu'au commencement de la période quaternaire, un refroidissement extraordinaire, et qu'il était devenu analogue à celui des contrées boréales. La cause d'un pareil refroidissement est restée inexpliquée. Les blocs erratiques reposent sur tous les terrains, même sur les terrasses diluviennes les plus basses. Il n'est pas douteux, d'après leur indépendance complète de gisement, que leur dispersion n'ait été le dernier des phénomènes quaternaires.

En faisant abstraction des blocs erratiques superficiels pour ne considérer que les trois premiers diluviums, on peut résumer de la manière suivante la succession des phénomènes qui les ont produits : d'abord, ainsi que nous l'avons déjà dit, il y a eu des vallées creusées tout à fait au commencement de la période quaternaire; après, ces vallées ont été remplies jusqu'à une grande hauteur par un premier terrain de transport, celui que nous avons nommé diluvium inférieur; plus tard, un second terrain de transport s'est étendu transgressivement sur le premier et sur les hauteurs environnantes, c'est le diluvium des plateaux; enfin les vallées comblées par ces deux terrains ont été déblayées à la suite de grandes érosions : celles-ci, ayant été successives et interrompues par intervalles, ont créé d'anciens lits à la surface desquels s'est déposé le diluvium des terrasses. Cette succession de phénomènes est un fait indépendant de toute hypothèse et susceptible d'être constaté rigoureusement par l'observation. Nous croyons qu'on peut l'expliquer d'une manière plausible en admettant qu'il y a eu pendant la période quaternaire, comme pendant les périodes géolog ques précédentes, des mouvements oscillatoires de l'écorce du globe. On peut se faire une idée claire de pareils mouvements en supposant qu'une certaine étendue de nos continents s'abaisse pour se rapprocher du centre de la Terre, ou, ce qui revient au même, que le niveau des mers environnantes s'élève; que les eaux, après avoir atteint une certaine hauteur, y restent stationnaires; puis qu'elles décroissent successivement jusqu'à ce qu'elles soient rentrées dans leur premier lit. Quelle a été la cause de ces anciennes

oscillations? Nous n'en savons absolument rien, mais on doit les considérer comme un fait prouvé par l'observation. Ainsi il est incontestable qu'il y a des contrées, le bassin de Paris par exemple, où des terrains marins alternent avec des terrains d'eau douce, ce qui ne peut bien s'expliquer que par des envahissements et des retraits successifs des eaux de la mer, ou, en d'autres termes, par des oscillations de la croûte terrestre. Il est à remarquer que ces mouvements oscillatoires ne sont pas complétement éteints aujourd'hui. On sait depuis longtemps que le sol de la Scandinavie n'est pas rigoureusement stable. En prenant pour repère le niveau de la mer, on s'est aperçu qu'il s'élevait lentement dans certaines régions et qu'il s'abaissait dans d'autres. Il est vraisemblable qu'avec le temps ces mouvements changeront de sens.

Pour montrer que les phénomènes diluviens peuvent être rattachés aux anciennes oscillations de l'écorce du globe, il est d'abord nécessaire de rappeler que, dès le commencement de la période quaternaire, les circonstances physiques à la surface de la Terre étaient à très peu près ce qu'elles sont aujourd'hui. Ainsi à cette époque les montagnes avaient déjà acquis toute leur hauteur; leur forme et leur contour étaient définitivement arrêtés. Leurs sommités les plus élevées étaient donc couronnées de neiges éternelles et donnaient naissance à des glaciers. Ceux-ci avaient un mouvement progressif dans les hautes vallées et transportaient des moraines. Il y avait alors des torrents, des rivières torrentielles et des fleuves ayant les mêmes bassins que les nôtres et coulant exactement dans le même sens. Par suite, il se produisait des atterrissements semblables à ceux que nous observons. D'autre part, il ne se formait plus dans le sein des mers, si ce n'est peut-être accidentellement et sur des espaces très restreints, de ces puissants dépôts de sédiment, de nature calcaire, marneuse ou arénacée, dont on voit de si fréquents exemples jusqu'à la fin de la période tertiaire.

Puisqu'il y a eu tant de similitude entre les conditions physiques de la surface terrestre pendant les temps quaternaires et de nos jours, il y a un moyen simple de s'assurer si en effet les phénomènes diluviens peuvent s'expliquer par un mouve-

ment oscillatoire des mers, c'est d'examiner ce qui arriverait si un pareil mouvement avait lieu sous nos yeux. Il est clair que s'il doit donner naissance à des terrains de transport analogues à ceux que nous avons distingués plus haut sous les noms de *diluvium des vallées,* de *diluvium des plateaux* et de *diluvium des terrasses*, il deviendra extrêmement probable que ces divers diluviums ont été produits autrefois par une cause pareille. Nous allons donc examiner quelles seraient les conséquences d'une oscillation moderne.

Si le niveau de la mer s'élevait peu à peu, il est évident que les atterrissements qui se forment aujourd'hui à l'embouchure de tous les fleuves s'avanceraient progressivement dans l'intérieur des terres, et que, en supposant le mouvement ascensionnel des eaux assez lent pour permettre aux alluvions d'acquérir une grande épaisseur en s'accumulant, le fond des vallées serait entièrement comblé jusqu'à une hauteur considérable. Il est également certain que les alluvions déposées ne se composeraient pas seulement de sable et de limon, mais de cailloux de diverses grosseurs qui pourraient être très volumineux s'il y avait des affluents torrentiels. Comme les cours d'eau secondaires sont régis exactement par les mêmes lois que les rivières où ils portent leurs eaux, l'atterrissement des vallées principales remonterait le long des vallées latérales. Il se formerait donc dans chaque bassin un vaste dépôt de sable et de gravier dont le caractère le plus constant serait d'occuper en tout lieu les parties les plus basses du sol. Ce *terrain de transport des vallées* serait excessivement puissant dans le voisinage des hautes montagnes, si les eaux devenues stationnaires formaient pendant longtemps un lac ambiant; car les torrents, qui auraient leur source dans les hauteurs environnantes, y transporteraient de tous côtés une grande masse de débris. Si, à la même époque, la température des lieux était assez basse pour que les glaciers pussent descendre au niveau de ce lac et y pénétrer, on y trouverait pêle-mêle des cailloux roulés ordinaires, des galets finement striés comme ceux des glaciers, enfin de gros blocs anguleux comme ceux des moraines. Nous ajouterons que, la nappe d'eau étant salée, il est vraisemblable que sur quelques points, là où les circon-

stances seraient favorables à l'entretien de la vie, on verrait des animaux marins apparaître et se propager.

Passons maintenant à la seconde phase du phénomène, et supposons que la mer commence à se retirer. Ce retrait aura pour premières conséquences les trois faits suivants. D'abord, le sol des vallées enseveli jusque-là sous une grande hauteur d'eau en sortira peu à peu. Les parties supérieures voisines des hautes montagnes seront les premières émergées; puis les autres paraîtront successivement. En second lieu, comme rien n'aura été changé à la pente générale du sol, les eaux commenceront à se mouvoir suivant cette pente; il s'établira des courants qui, partant du sein des montagnes où ils auront leur source, suivront la direction des vallées déjà en partie émergées, pour se rendre à la mer. En troisième lieu, comme le fond des vallées aura été comblé jusqu'à une grande hauteur par les atterrissements formés pendant la période d'ascension des eaux, les courants qui parcourront les vallées immédiatement après leur émersion, couleront nécessairement à un niveau très élevé. Ils ne suivront nullement la ligne de l'ancien thalweg du sol, mais ils divagueront soit à droite, soit à gauche, et couvriront les plaines supérieures ou plateaux environnants, dans le sein desquels l'ancien thalweg avait été creusé. Comme tous les courants charrient des matières et qu'ils les déposent dès que leur puissance d'entraînement éprouve une diminution notable à la suite des crues, il se formera nécessairement à cette époque une couche plus ou moins épaisse de sable et de gravier, qui s'étendra transgressivement à la fois sur l'ancien atterrissement et sur le sol élevé dont celui-ci aura atteint le niveau. Cette nappe sablo-caillouteuse sera un véritable *terrain de transport des plateaux*, relativement au fond primitif de la vallée. Les eaux continuant à baisser, un autre phénomène ne tardera pas à se produire. Dès que le sol des vallées aura atteint par le fait de son émersion toujours croissante une hauteur un peu notable au-dessus du niveau de la mer, les eaux courantes jusque-là superficielles commenceront à s'encaisser, soit dans le sein des alluvions précédemment déposées, soit même accidentellement dans les terrains voisins, s'ils sont peu résistants. Cet encais-

sement, qui fera des progrès incessants au fur et à mesure de l'abaissement de la mer, aura lieu en vertu de causes diamétralement opposées à celles qui agissaient pendant la période de son ascension. En effet, lorsque la mer s'élevait, elle barrait successivement à diverses hauteurs le lit des cours d'eau, ce qui provoquait nécessairement la formation d'un atterrissement ; ces barrages venant à disparaître, les eaux devront défaire ce qu'elles avaient fait, et par conséquent entraîner les matières déposées. Le même principe peut être énoncé, en d'autres termes encore plus généraux, par la phrase suivante, qui exprime une loi fondamentale des rivières torrentielles : « Le lit d'un cours d'eau dont le régime moyen est supposé » constant, tend sans cesse vers un certain état permanent ou » d'*équilibre*, et finit avec le temps par l'atteindre. Si l'on » trouble cet équilibre en modifiant momentanément, soit le » régime des eaux, soit les conditions physiques du sol, dès » que la cause modifiante aura disparu, le lit redeviendra » exactement ce qu'il était auparavant. » Il résulte de cette loi que lorsque, au retour de son excursion dans le sein des terres, la mer sera rentrée dans ses anciennes limites, toutes les vallées auront repris ou reprendront peu à peu, par l'action des eaux courantes, exactement la même pente et la même profondeur qu'elles avaient auparavant.

Supposons maintenant que l'abaissement de la mer, au lieu de s'être opéré d'une manière continue, ait éprouvé plusieurs intermittences durant lesquelles le niveau des eaux restait sensiblement constant. Il est aisé de voir que, pendant ces époques, le creusement du sol ayant été suspendu, les eaux auront coulé sur le même plan incliné. Les vallées offriront donc des traces de plusieurs anciens lits étagés ou, en d'autres termes, des terrasses indiquant le niveau successif des rivières. Puisque ces terrasses auront été d'anciens lits, elles seront recouvertes d'une certaine épaisseur de matières alluviennes. On aura donc un *terrain de transport des terrasses.*

Cet exposé nous paraît suffisant pour montrer qu'une oscillation terrestre, qui arriverait à l'époque actuelle, produirait un *diluvium des vallées*, un *diluvium des plateaux* et un *diluvium des terrasses*, tout à fait semblables sous le rapport

du gisement à ceux que nous présente la période quaternaire. Pour que cette conformité fût vraie à tous les points de vue et s'étendît jusqu'aux moindres détails, il faudrait admettre qu'une oscillation moderne serait accompagnée, lorsque commencerait le retrait de la mer, de nombreuses sources ferrugineuses qui communiqueraient une teinte généralement ocreuse aux dépôts formés à cette époque. Il faudrait aussi supposer que, en même temps que la mer sortirait de son lit, il y aurait de grands changements météorologiques d'où il résulterait des cours d'eau plus considérables et un climat plus froid. Nous croyons en effet que le volume des rivières actuelles, même au moment de leurs plus fortes crues, n'est pas en rapport avec l'immensité des dépôts et des érosions quaternaires. Il est encore plus évident qu'une extension extraordinaire des glaciers ne pourrait avoir lieu qu'à la suite d'un abaissement notable de la température moyenne de nos contrées. La première hypothèse, celle de l'apparition de sources ferrugineuses et de leur dépôt ocreux, n'a absolument rien d'invraisemblable. Il existe de pareilles sources de nos jours, et il serait peu étonnant que, venant du sein de la terre, elles augmentassent en nombre et en volume à la suite d'une perturbation de la croûte du globe. Quant à l'augmentation du volume des eaux courantes et à l'abaissement de la température moyenne, nous avouons sans peine que l'on ne voit pas nettement pourquoi ces deux faits coïncideraient avec un changement dans le niveau des mers. Au reste, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'il en soit ainsi, puisque nous sommes dans une ignorance complète sur la nature de la cause elle-même qui a déterminé les oscillations. Il est vraisemblable que si jamais nous parvenons à pénétrer cette cause, nous apercevrons en même temps comment elle a pu modifier profondément les climats à la surface du globe.

Pour compléter notre exposé théorique, il nous reste à dire quelques mots des blocs erratiques superficiels dont la dispersion a été le dernier des phénomènes quaternaires. Nous partageons l'opinion de la plupart des géologues, qui attribuent leur transport à des glaciers, cette hypothèse étant la seule qui puisse raisonnablement expliquer tous les détails de leur

gisement. Nous croyons aussi que cette seconde époque glaciaire a été produite par des causes analogues ou identiques avec celles qui avaient occasionné la première. Or, l'on a vu qu'au commencement de la période quaternaire l'abaissement de la température moyenne avait coïncidé avec un grand mouvement de la croûte terrestre; il est donc naturel d'admettre qu'il en a été de même à la fin. Seulement, pour rester d'accord avec les faits, il faut supposer que cette dernière oscillation a eu lieu en sens contraire de la précédente. Le sol déjà émergé se serait élevé jusqu'à une grande hauteur; puis, par un mouvement rétrograde, il aurait repris peu à peu son ancienne position. S'il en a été ainsi, aucun terrain de sables et de cailloux roulés, actuellement visible, n'a pu se former à cette époque, et la principale preuve de son existence a dû être cette multitude de blocs erratiques qui, par leur éloignement des points d'où ils sont partis et leur gisement à de grandes hauteurs, constituent, dans tous les cas, un des faits les plus extraordinaires et les plus dignes d'intérêt qu'il y ait en géologie.

Séance du 1er juin 1861.

M. de Caligny a communiqué dans cette séance des renseignements sur l'état des travaux de percement du mont Cénis, et des observations sur les effets obtenus. — Il a signalé aussi une nouvelle propriété des écluses de navigation.

Des renseignements officiels ont enfin, dit-il, été donnés à la chambre des députés de Turin par le ministre des travaux publics, M. Peruzzi, dans la séance du 26 avril, sur l'état actuel de ces travaux.

Toutes les machines sont montées sur le versant italien, et, d'après le discours de M. Peruzzi, travaillent parfaitement, au point qu'on a pu faire en vingt-quatre heures deux mètres et demi de galerie d'une section de trois mètres de haut sur deux mètres environ de large. Du côté de la Savoie, on monte les machines, et l'on croit que dans très peu de temps elles seront installées.

Le ministre explique ensuite les raisons pour lesquelles les travaux n'ont pas marché plus vite; de sorte que les quinze à

seize cents mètres exécutés jusqu'alors ne l'avaient été que par les moyens ordinaires. Il ajoute qu'on espère faire par vingt-quatre heures une longueur de trois mètres de galerie, de chaque côté des Alpes.

M. de Caligny donne ensuite des renseignements particuliers qui lui ont été communiqués sur l'accident dont parle la *Gazetta di Torino* du 31 janvier, comme étant arrivé à l'un des tuyaux d'un des compresseurs hydropneumatiques dans le mois d'octobre. On lui écrit que cette rupture n'a pas eu une grande importance, et qu'elle est arrivée parce que les vannes d'admission et de vidange, quoique étant manœuvrées par des lames qui étaient *calées sous des angles différents, sur un même arbre de transmission, n'avaient pas cependant un mouvement assez solidaire.* Il est arrivé qu'une vanne de vidange ne s'est pas bien fermée ; la vanne d'admission s'étant ouverte, l'eau s'est écoulée par la vanne de vidange et a pris une énorme vitesse qui a causé la rupture d'un tube du compresseur. Le tube a été changé, et l'on a, à l'aide d'une espèce d'encliquetage, empêché la vanne d'admission de s'ouvrir avant que celle de vidange fût fermée ; cela a suffi, à ce qu'on assure. Depuis lors les compresseurs auraient toujours fonctionné sans inconvénient, et leur solidité serait parfaite.

Cet accident montre cependant une fois de plus, selon M. de Caligny, que c'est toujours une bonne chose de disposer ce genre d'appareils de manière que rien de semblable ne puisse arriver, quand même on le voudrait. Il rappelle à cette occasion la disposition de l'espèce de tiroir combiné avec une vanne cylindrique de manière à ne former qu'une pièce, qu'il a communiqué à la Société, le 20 juillet 1839 (voir *l'Institut*, n° 293, p. 271), où l'on explique qu'un bout de tuyau ouvert par le sommet, bouché par le fond, mais percé latéralement, met alternativement en communication le tuyau vertical d'ascension avec le tuyau d'admission et le tuyau de vidange qui sont horizontaux et superposés. Quant aux coudes brusques résultant de cette disposition et qui ont longtemps embarrassé l'auteur, il rappelle que dans sa communication du 28 juin 1851 (*l'Institut*, n° 916, p. 237), il a indiqué un moyen d'en

diminuer l'importance, au moyen de lames courbes concentriques. Dans le modèle objet de cette ancienne communication de 1839, et qui est conservé, on avait mis ces deux tuyaux parallèles à une distance l'un de l'autre *plus grande que leur diamètre,* afin d'empêcher au besoin qu'ils ne pussent jamais communiquer entre eux.

M. de Caligny ajoute que le même genre d'effet, sauf une différence dans la disposition des coudes, aurait pu être obtenu au moyen d'une vanne cylindrique ouverte à ses deux extrémités comme un simple tuyau rectiligne, mais ayant une hauteur au moins triple du diamètre de ces tuyaux horizontaux supposés d'égal diamètre, plus la hauteur nécessaire pour obtenir de bonnes fermetures alternatives.

Dans le premier cas, celui du tiroir bouché par le fond, il rappelle qu'on a l'avantage de pouvoir faire manœuvrer cette pièce d'elle-même, en vertu du principe de la machine à colonne d'eau, la pression agissant par-dessus quand on veut qu'il descende, et un contrepoids solide ou liquide le relevant en temps utile; de sorte qu'il n'y a qu'à lâcher des déclics aux époques convenables. Mais pour des cas analogues à celui dont il s'agit, le volume d'eau descendu à chaque période pendant la baisse de cette espèce de piston, ou relevée pendant que celui-ci remonterait, pourrait être une cause de difficulté, pour le cas surtout où il ne s'agirait pas seulement de comprimer de l'air à de faibles tensions. Si donc il s'agissait, comme au mont Cénis, de comprimer de l'air à des tensions élevées, la disposition de la vanne cylindrique dont on vient de parler, n'ayant pas le même inconvénient, paraîtrait devoir être signalée, selon M. de Caligny, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus qu'elle pourrait, dit-il, être manœuvrée précisément au moyen du même principe, c'est-à-dire au moyen d'un piston disposé au-dessous d'elle et qui lui serait convenablement attaché. Or ce piston pourrait être d'un assez petit diamètre pour qu'on n'eût pas à s'embarrasser autant de ce qui vient d'être dit, quant au volume d'eau suivant ou précédant ce piston.

M. de Caligny rappelle, comme il l'a expliqué dans ses mémoires manuscrits, et d'ailleurs aussi dans un mémoire im-

primé intitulé : *Résumé succinct des expériences de M. Anatole de Caligny sur une branche nouvelle de l'hydraulique*, publié dans le *Technologiste* de 1860, avec figures, p. 499, que, pour le tiroir mentionné ci-dessus comme ayant depuis longtemps été communiqué à la Société, les pressions peuvent être facilement *équilibrées autour de l'axe*, à la hauteur de chaque tuyau horizontal, de manière qu'on n'ait pas de frottement bien sensible à vaincre entre corps solides. Il en résulte, dit-il, que si l'on employait seulement la vanne cylindrique ci-dessus, en équilibrant de la même manière que pour les tiroirs les pressions latérales par la liberté laissée à l'eau de circuler dans des retraites fixes à la hauteur de chaque tuyau horizontal, on aurait très peu de frottement à vaincre pour manœuvrer cette vanne cylindrique, de sorte qu'un piston de petit diamètre serait bien suffisant.

Il n'en faudrait pas moins tenir compte : 1° de ce que pendant qu'il s'abaisserait, dans le cas où l'eau qui descendrait au-dessus de lui viendrait directement du bief supérieur, il y aurait quelque peu de force vive engendrée en vertu de la descente de cette eau, et qu'il serait prudent d'y avoir égard au moyen d'un petit matelas d'air ; 2° de ce que cette même quantité d'eau devant être ensuite relevée et refoulée sur l'air qui doit être comprimé, la compression de ce dernier commencerait en vertu même de ce refoulement ; de sorte que si le volume de cette eau n'était pas assez diminué par le diamètre du piston, il pourrait en résulter une difficulté qui ne s'est pas présentée pour la machine simplement élévatoire, même quand le piston avait une section égale à celle du tuyau vertical, comme dans les expériences répétées devant une commission de l'Académie des sciences, à l'École des mines de Paris, en 1837.

Quant à la chance d'un petit coup de bélier dont il vient de parler, M. de Caligny ajoute que cela dépend de la combinaison de colonnes liquides oscillantes qui serait employée. Ainsi il n'est rien arrivé, même sans matelas d'air, aux *fragiles tuyaux de zinc* employés à l'expérience qui vient d'être rappelée comme ayant été répétée à l'École des mines.

Il n'a parlé de l'accident déjà ancien arrivé au mois d'oc-

tobre au mont Cénis, que pour avoir une occasion de développer les propriétés des tiroirs à piston et à pression latérales équilibrées dont il s'était occupé déjà en 1834, mais qu'il avait longtemps un peu trop négligés, dit-il, pour l'étude des soupapes tournant autour de leur centre de figure. On craignait que dans l'eau ces tiroirs ou les vannes cylindriques analogues ne durassent pas longtemps en marchant continuellement. Or il paraît que cette crainte doit être aujourd'hui bien atténuée, au moins pour certaines eaux, surtout depuis qu'au mont Cénis on a préféré les vannes cylindriques aux soupapes de Cornwall pour fonctionner cependant continuellement. D'ailleurs, en faisant les observations générales ci-dessus, M. de Caligny n'entend point blâmer l'espèce d'encliquetage, dont il n'a pas suffisamment connaissance, qui est maintenant employé au mont Cénis pour empêcher les vannes d'admission et de vidange d'être ouvertes en même temps. Il s'agit sans doute, selon lui, d'un de ces détails très secondaires qui ne changent rien au principe susceptible d'être appliqué de plusieurs manières.

— Dans la même séance du 1er juin, M. de Caligny a communiqué une propriété des longs tuyaux ou aqueducs, au moyen desquels il a proposé de vider et de remplir alternativement une écluse de navigation en se servant des bassins d'épargne existant près de certaines écluses, d'une manière plus avantageuse qu'on ne le faisait avec des tuyaux courts.

Les moyens de faire ouvrir d'elles-mêmes les portes de ces écluses et d'en faire sortir d'eux-mêmes les bateaux, dont il a entretenu la Société dans les séances des 13, 27 avril et 4 mai derniers, peuvent être essayés aussi, dit-il, quand on se servira de ces tuyaux des bassins d'épargne. Il suffira de mettre ces tuyaux alternativement en communication avec les biefs d'amont et d'aval, aux époques convenables, quand chaque oscillation du bassin d'épargne sera finie dans un sens ou dans l'autre.

Physique. *Électricité.* — M. Th. du Moncel a communiqué aussi à la Société dans cette séance la note suivante sur les transmissions électriques à travers le sol :

Dans une note présentée à l'Académie des sciences le

27 mai dernier, j'avais signalé la présence sur certaines lignes télégraphiques de courants telluriques dus à l'action seule de deux plaques de fer enterrées aux deux extrémités de la ligne dans des terrains différemment humides, et je démontrais que ces courants intervenant dans les transmissions électriques provoquaient certaines réactions qui devaient être prises en considération dans la pratique de la télégraphie électrique. De nouvelles expériences m'ont démontré que ces réactions n'étaient pas les seules à intervenir dans les effets que j'avais signalés, et que les dimensions relatives des plaques les unes par rapport aux autres exerçaient une influence des plus marquées.

Mes expériences, comme je l'ai déjà dit dans ma première note, ont été faites sur une ligne télégraphique de 1735 mètres de longueur, munie de 20 fils conducteurs de 3 millimètres de diamètre. Une première série a été faite en prenant comme plaques de terre : 1° les conduites d'eau du quartier de Grenelle ; 2° une plaque de 60 décimètres carrés de surface, enterrée près de la Seine. Une seconde série a été faite avec deux plaques de tôle de 60 décimètres carrés de surface enterrées à 890 mètres l'une de l'autre. Enfin une troisième série a été faite en prenant d'un côté la conduite de gaz, de l'autre la conduite d'eau.

La détermination de la résistance du sol dans la première série d'expériences a fourni en moyenne 62,58 tours de rhéostat, c'est-à-dire environ 2150 mètres, lorsque le courant tellurique s'ajoutait à celui de la pile et que le pôle positif de celle-ci était en communication avec la plaque de 60 décimètres carrés. Avec la disposition inverse de la pile, cette résistance a été représentée en moyenne par 79,03 tours de rhéostat (2715 mètres). La seconde série a donné en moyenne 117,02 tours de rhéostat (4019 mètres) quand le courant tellurique marchait dans le même sens que celui de la pile, 118,58 tours (4073 mètres) avec la disposition contraire de la pile. Enfin la troisième série a donné 6,8 tours (233 mètres) quel qu'ait été le sens du courant. Tous ces chiffres ont été déduits d'expériences faites *après dix minutes de fermeture du courant à travers les circuits*. Ces différences considérables

de la résistance du sol dans ces différentes séries d'expériences n'ont d'ailleurs rien de surprenant, puisque, d'après la théorie d'Ohm, la résistance du sol est en raison inverse de la surface des plaques servant à la transmission électrique. Mais ce qui est curieux et fort important pour les conséquences pratiques qu'on peut en tirer, c'est la différence considérable de la résistance du sol que présente la première série d'expériences suivant la disposition de la pile dans le circuit. Sans doute l'intervention du courant tellurique peut entrer pour quelque chose dans le phénomène, mais elle ne peut l'expliquer entièrement, puisque la même différence existe aussi bien quand le courant tellurique est fort que quand il est faible, et que d'ailleurs elle ne se retrouve plus dans la seconde série d'expériences.

Depuis longtemps j'avais reconnu avec les courants induits de la machine de Ruhmkorff la différence considérable qui existe entre des décharges provoquées d'une petite surface conductrice à une grande, suivant que le pôle positif est en communication avec l'une ou l'autre de ces surfaces, et j'avais pensé qu'un effet du même genre pouvait être en jeu dans les expériences aujourd'hui en question. Effectivement, la conduite de gaz placée à une extrémité de la ligne télégraphique alors que l'autre extrémité communique à une plaque de 60 décimètres carrés représente un circuit composé d'une partie bonne conductrice et d'une partie mauvaise conductrice mises en relation par l'intermédiaire de deux lames métalliques, dont l'une est excessivement grande par rapport à l'autre. Or, il s'agissait de savoir si un circuit ordinaire mi-parti liquide, mi-parti métallique, placé dans ces conditions, présenterait les mêmes effets.

Pour m'en assurer, j'ai immergé dans un baquet plein d'eau une plaque de tôle de 60 centimètres de longueur sur 20 de largeur, roulée en cylindre, et au centre de ce cylindre j'ai plongé une petite lame de même métal de 73 millimètres sur 28 ; j'ai interposé ce système dans le circuit d'un élément de Daniell complété par une boussole des sinus de M. Bréguet, et j'ai obtenu les résultats suivants, en ayant soin de laisser

le courant interrompu pendant cinq minutes entre chaque expérience :

Le courant allant de la petite plaque à la grande, son intensité au moment de la fermeture du circuit a été 34°5′

— après 10 minutes de fermeture du circuit 32°2′

Le courant allant de la grande plaque à la petite, son intensité au moment de la fermeture du circuit a été 29°15′

— après 10 minutes de la fermeture du circuit 23°24′

Une deuxième série d'expériences m'a donné :

1° Au moment de la fermeture du courant, la petite plaque étant positive, 35°

— au bout de 10 minutes de fermeture du courant 32°15′

2° Au moment de la fermeture du circuit, la grande plaque étant positive, 28°

— après 10 minutes de la fermeture du circuit 22°18′

On voit par ces chiffres que dans les circuits ordinaires mi-partis métalliques mi-partis liquides, comme dans les circuits terrestres, la résistance de la partie non métallique est bien différente suivant que le courant passe de la petite surface conductrice à la grande ou de la grande à la petite. Dans le premier cas, non-seulement elle est notablement diminuée, mais encore les effets nuisibles de la polarisation avec la prolongation de la fermeture du courant sont beaucoup moins marqués et beaucoup plus stables. Cela tient évidemment à ce que le dépôt de bulles d'hydrogène qui résulte de l'action du courant et qui se porte toujours en grande partie sur la plaque électro-positive est d'autant plus considérable que la surface de cette plaque est plus grande.

La conclusion pratique de ces différents phénomènes, c'est que si on doit, dans les transmissions télégraphiques, tenir compte du sens du courant tellurique pour établir la communication de la pile avec le sol, il faut surtout examiner les dimensions relatives des plaques de communication. Si l'une est constituée par une conduite d'eau ou de gaz, tandis que l'autre ne sera qu'une plaque de tôle ou de fonte, le pôle négatif de la pile devra toujours être mis en communication avec la conduite de gaz ou d'eau, quel que soit d'ailleurs le sens du courant tellurique. On pourrait toutefois concilier sûre-

ment les deux effets en prenant pour la petite plaque de communication métallique une lame de zinc qui fournira toujours un courant tellurique dans le sens de celui de la pile, quel que soit le terrain dans lequel elle sera enterrée.

Dans le cas où l'on peut avoir des conduites d'eau ou des conduites de gaz aux deux extrémités de la ligne, condition la plus avantageuse de toutes, la disposition de la pile par rapport aux plaques de communication ne pourrait être commandée que par le sens du courant tellurique; mais sur des lignes un peu longues, il n'y aurait aucun avantage à ce choix, en raison de la présence des courants accidentels atmosphériques, qui, étant de sens variable et d'une intensité souvent plus forte que le courant tellurique, détruiraient tous les avantages de la combinaison

Séance du 8 juin 1861.

Ichthyologie. *Baudroie.* — M. Jourdain a communiqué dans cette séance la note suivante sur l'appareil veineux rénal-hépatique de la Baudroie commune (*Lophius piscatorius*, L.).

Dans nos recherches sur la veine porte rénale, nous avons décrit chez certains Poissons un arc veineux simple ou multiple établissant une communication large et facile entre le système afférent du rein et celui du foie. Sur la foi de Jacobson, nous avions rattaché à ce type particulier la veine porte rénale de la Baudroie; mais, en l'absence de recherches personnelles, nous avions été forcé de nous borner à une simple indication. Depuis la publication de notre mémoire, nous avons eu l'occasion d'examiner ce Poisson curieux, et nous nous empressons de compléter cette partie de notre travail.

Rein. — Les reins de la Baudroie s'éloignent beaucoup de la forme typique de l'organe urinaire chez les Poissons osseux et cartilagineux; nous ne connaissons guère que ceux des Plectognathes qu'on puisse leur comparer. Les reins de la Grenouille considérablement grossis en donnent une idée assez exacte. Ils sont aussi singulièrement réduits dans leurs dimensions, et, avec M. Hyrtl (*Das uropoëtische System der Knochen-*

fische, Denks. d. Kais. Akad. der Wissenschaft. Mathem. Natur. Cl. Zweiter Band., p. 67, 1851), on peut les considérer comme réduits à la partie cervicale; dans une Baudroie de $1^m,50$ de longueur, ils mesuraient environ 12 centim. Ils sont appliqués des deux côtés des premières vertèbres abdominales sur les plans musculaires dorsaux. Leur extrémité antérieure repose sur la ceinture thoracique. Un vaste réservoir lymphatique occupe une partie de leur face inférieure.

Veine porte rénale. — La circonscription de la veine porte rénale est très étendue : les reins reçoivent en effet quatre veines principales.

Le tronc afférent le plus volumineux est celui que nous nommons veine latérale. Il naît de la nageoire caudale elle-même. D'abord sous-cutané, il remonte sur les côtés de la queue, et disparaît ensuite dans l'épaisseur du muscle dorsal, dont il reçoit toutes les branches. A peu de distance de l'extrémité postérieure du rein, il pénètre dans la cavité abdominale, fournit une grosse branche hépatique que nous décrirons plus bas, et s'enfonce dans le rein par le bord externe de cet organe. Ce vaisseau peut être considéré comme la veine correspondant à cette branche particulière de l'artère axillaire que Stannius (*Muller's Arch.*, 1848, p. 401-402) a mentionnée sous le nom d'artère latérale, bien qu'il soit séparé de cette dernière par une couche musculaire assez épaisse.

La seconde veine afférente externe est formée par l'axillaire. Celle-ci naît de la nageoire pectorale et des os carpiens qui lui servent de pédicule. Elle traverse le muscle abdominal, dont les faisceaux antérieurs lui fournissent des rameaux, pénètre dans l'abdomen en suivant une direction transversale, et atteint le bord externe du rein, dans un point plus rapproché de l'extrémité antérieure que de l'extrémité postérieure de cet organe.

La veine afférente antérieure peut recevoir le nom de branchiale supérieure. Elle provient de la réunion de deux branches principales : 1° les veines supérieures des arcs branchiaux (veines de Duverney *partim*) et les rameaux venus des muscles pharyngiens supérieurs; 2° la veine hyoïdienne supérieure, laquelle reçoit les rameaux d'une partie du sac bran-

chial et ceux de la face interne de l'opercule. La veine branchiale, très flexueuse, accompagne la jugulaire et s'enfonce dans le rein à côté et en dehors de la veine afférente ou cardinale postérieure.

La veine afférente postérieure possède une origine assez complexe. Elle est constituée en arrière par les veines rectales postérieures. Ces veines, qui s'anastomosent assez largement avec les rectales antérieures, affluents de la veine porte hépatique, s'unissent à des rameaux de la paroi abdominale voisine de l'anus. Le tronc auquel elles donnent naissance est encore grossi par les veines vésicales et génitales postérieures, et se partage en deux branches. Chacune de ces dernières s'accole au bord interne de l'uretère qui lui correspond, et l'accompagne jusqu'au rein.

Les différents vaisseaux afférents du rein s'abouchent dans l'intérieur de cet organe, et c'est de ce réseau veineux que partent les branches excessivement nombreuses qui s'épuisent dans la substance rénale.

Arc rénal-hépatique. — Nous venons de voir que chacune des veines latérales de la Baudroie se divise en deux branches, un peu avant d'atteindre le rein. Nous avons indiqué le mode de terminaison de la branche rénale, il nous reste maintenant à suivre le trajet de la branche hépatique.

Cette branche volumineuse se dirige transversalement de dehors en dedans. La droite reste courte ; la gauche passe au-dessous de la colonne vertébrale, au niveau de l'insertion postérieure des deux muscles sous-vertébro-pharyngiens, et se réunit à sa congénère. Ainsi se trouve constituée une arcade veineuse considérable qui joint, comme un pont, les deux veines latérales, et qui, à droite de la colonne vertébrale, donne naissance à un gros tronc veineux qu'on peut appeler tronc commun de l'arc rénal-hépatique. C'est dans l'arc transverse que viennent déboucher les veines génitales antérieures.

Le tronc commun de l'arc rénal hépatique passe au-dessus de l'œsophage, contourne le bord droit de ce conduit dont le séparent les artères cœliaque et mésentérique, puis se

glisse d'avant en arrière le long du tronc de la veine porte hépatique, dans lequel il s'ouvre à plein canal.

Au niveau de l'œsophage, le tronc de l'arc rénal hépatique reçoit les veines œsophagiennes supérieures ; dans le reste de son parcours, on n'y voit déboucher aucune autre veine.

Veine rénale efférente. — Les branches efférentes du rein se réunissent en un tronc volumineux, la veine rénale efférente ou cardinale postérieure, qui se place dans une scissure occupant l'extrémité antérieure de la face inférieure du rein. Presque immédiatement après sa sortie de l'organe urinaire, la cardinale reçoit la jugulaire antérieure et donne naissance au canal de Cuvier, lequel contourne l'œsophage et présente une longueur inaccoutumée.

Nous trouvons donc chez la Baudroie une disposition de l'arc rénal-hépatique dont les autres Poissons ne nous ont point encore offert d'exemple. On se rendra compte de cette forme particulière et des autres que nous avons décrites dans notre mémoire, en remarquant que les variations topographiques d'une veine sont en grande partie subordonnées à des raisons de proximité et de proportion relative des parties, et en considérant la présence d'un seul arc anastomotique comme le mode le plus simple de communication entre le système rénal et le système hépatique.

Dans le Congre et dans l'Anguille, le corps entier a subi une élongation, c'est-à-dire qu'il y a, dans un même organe et dans une direction donnée, tendance à la répétition de parties similaires. La succession sériale des arcs anastomotiques que présentent ces Poissons est, en grande partie sans doute, une conséquence de cette tendance naturelle.

Dans la Carpe et dans la Tanche, où les reins s'étendent jusqu'à la partie la plus reculée de la cavité abdominale, c'est dans ce point que se détache l'arc anastomotique; aussi le voyons-nous ou se perdre dans les masses hépatiques postérieures ou former l'origine de la veine porte hépatique.

Dans la Baudroie, enfin, les reins, réduits à leur partie céphalique, se trouvent en rapport avec le foie ; on s'explique donc tout naturellement pourquoi l'arc rénal-hépatique vient

s'ouvrir dans le tronc même de la veine porte, à peu de distance de l'entrée de celui-ci dans la glande hépatique.

Géologie et paléontologie. *Des centres organiques dans l'Europe occidentale à l'époque kimméridienne.* — Voici l'analyse d'une communication faite également dans cette séance par M. Contejean.

Il est généralement admis que dans les temps géologiques anciens notre globe offrait une remarquable uniformité dans sa population; qu'à ces époques reculées, où l'effet encore sensible de la chaleur centrale entretenait une température à peu près constante, les mêmes êtres se rencontraient dans les mers sous les latitudes les plus diverses; que les terrains appartenant à une même période se ressemblaient partout ou ne variaient que dans des limites fort étroites. De là cette tendance, si habituelle de nos jours, à considérer comme généraux les faits qu'on a observés soi-même, à comparer et à rapprocher ce qui est dissemblable, et à vouloir tout rapporter à des localités typiques, choisies parmi celles qu'on connaît le mieux. Préoccupé de ces doctrines au début de mes recherches, je ne tardai pas, dit l'auteur, à m'apercevoir que dans la riche localité de Montbéliard, dont j'ai étudié avec beaucoup de soin les terrains jurassiques supérieurs, un grand nombre de faits se présentaient en désaccord avec les idées reçues. Je voulus d'abord connaître ces terrains dans le plus grand détail, et les explorer sans aucun parti pris, sans me préoccuper aucunement de ce qui avait été constaté ailleurs, puis je cherchai à étendre à d'autres contrées les divisions que j'avais reconnues comme naturelles pour les environs de Montbéliard. Les dépôts kimméridiens du Jura, de la Lorraine, de l'Angleterre, de la Normandie et de l'Aunis présentèrent de telles dissemblances, qu'il me fut impossible d'appliquer à l'une quelconque de ces contrées les divisions établies pour chacune des autres, et je dus conclure contre cette prétendue uniformité dans les terrains et dans la répartition des faunes, au moins en ce qui concerne une partie de l'époque jurassique. C'est du résultat de mes recherches que je demande à la Société la permission de l'entretenir.

Exposons d'abord en quelques mots la composition de l'étage kimméridien à Montbéliard.

Cet étage renferme 10 sous-groupes, qui se succèdent de la manière suivante en allant de bas en haut.

1. Calcaire à Astartes. — C'est un calcaire blanc, un peu crayeux, dont la puissance est d'environ 15 mètres. Les principaux fossiles sont : *Nerinea Bruntrutana* Th., *Astarte gregarea* Th., *A. polymorpha* Contej., *Pecten Beaumontinus* Buv., *Ostrea solitaria* Sow.

2. Calcaire à Natices. — Calcaire enfumé gris ou brun, très compacte. Puissance, 15 mètres. Fossiles caractéristiques : *Natica grandis* Munst., *N. turbiniformis* Rœm., *Ceromya excentrica* Voltz. sp., *Astarte gregarea* Th., *A. polymorpha* Contej.

3. Marnes à Astartes.—Marnes bleues alternant avec quelques assises calcaires et des lumachelles pétries de débris. Epaisseur, 30 mètres. Fossiles caractéristiques : *Scalaria minuta* Buv., *Pholadomya striatula* Ag., *Astarte gregarea* Th., *A. polymorpha* Contej., *Pecten Beaumontinus* Buv.

4. Calcaire à Térébratules.—Calcaire gris ou jaunâtre assez clair, moyennement compacte. Puissance, 20 mètres. Fossiles caractéristiques : *Pholadomya striatula* Ag., *Ph. Protei* Brg. spc., *Ceromya excentrica* Voltzsp., *Pecten Beaumontinus* Buv., *Terebratula carinata* Leymer.

5. Calcaire à Cardium. — Calcaire blanc, crayeux ou oolithique, d'aspect corallien. 18 mètres. Fossiles caractéristiques : *Nerinea Gosœ* Rœm., *N. Bruntrutana* Th , *N. Mosæ* Desh., *Cardium corallinum* Buv., *Ostrea Bruntrutana* Th., *O. Virgula* Defr. sp.

6. Calcaires et marnes à Ptérocères.— Calcaires jaunâtres ou gris clair, compactes, avec quelques assises marneuses très-fossilifères intercalées à la partie supérieure. Puissance, 60 mètres. Fossiles caractéristiques : *Natica hemisphærica* Rœm., *Pterocera Thirriæ* Contej., *Pholadomya Protei* Brg. sp., *Ceromya excentrica* Voltz sp., *Ostrea solitaria* Sow., *O. Bruntrutana* Th.

7. Calcaire à Corbis. — Calcaire blanc ou jaunâtre, crayeux ou spathique. 12 mètres. Fossiles caractéristiques : *Nerinea*

depressa Voltz, *Natica macrostoma* Rœm., *Corbis subclathrata* Th. sp., *Trigonia Parkinsoni* Ag., *T. Alina* Contej.

8. Calcaire à Mactres.—Calcaires blancs ou jaunâtres compactes, avec quelques assises marneuses subordonnées. Puissance, 26 mètres. Fossiles caractéristiques : *Panopœa Voltzii* Ag. sp., *Pholadomya acuticosta* Sow., *Mactra Saussuri* Brg., sp., *Pecten Flamandi* Contej., *Ostrea Virgula* Defr. sp.

9. Calcaires et marnes à Virgules. — Calcaires jaunes compactes alternant avec des marnes très-calcaires remplies de lumachelles à Virgules. Puissance, au moins 27 mètres. Fossiles caractéristiques : *Ammonites longispinus* Sow., *Panopœa Voltzii* Ag. sp., *Pholadomya acuticosta* Sow., *Trigonia Thurmanni* Contej., *Ostrea Virgula* Defr. sp.

10. Calcaire à Diceras.—Calcaires blancs compactes. Épaisseur connue, 15 mètres. Fossiles caractéristiques : *Nerinea Bruntrutana* Th., *Pholadomya acuticosta* Sow., *Ceromya orbicularis* Rœm. sp., *Diceras suprajurensis* Th., *Rhynchonella inconstans* Sow. sp.

Ici se termine à Montbéliard la série jurassique, mais à Besançon, à Salins, et dans la Haute-Saône, on trouve encore les calcaires portlandiens, dont les assises moyennes sont criblées de perforations et comme cariées. On les a divisés en un certain nombre de sous-groupes, qu'il n'est pas dans notre but d'examiner en ce moment. Les fossiles caractéristiques sont : *Ammonites gigas* Ziet., *Nerinea grandis* Voltz, *N. trinodosa* Voltz, *N. subpyramidalis* Munst., *Trigonia gibbosa* Sow., *Cardium Verioti* Buv.

Nos sous-groupes 1, 2, 3, offrant une grande similitude de faune et beaucoup de caractères communs, je les réunis en un seul groupe I, que j'appelle groupe astartien; par des motifs semblables, je réunis les sous-groupes 4, 5, 6, en un groupe II, le groupe ptérocérien, et les sous-groupes 7, 8, 9, 10, en un groupe III, le groupe virgulien. Pour des raisons que je n'exposerai pas ici, je rattache les calcaires portlandiens à l'étage kimméridien, dont ils forment le groupe IV, que j'appelle groupe nérinéen.

Examinons maintenant les rapports ou les dissemblances

qu'offriront les mêmes terrains dans les autres parties de la France.

Le kimméridien et le portlandien de la Meuse nous sont bien connus, grâce aux beaux et consciencieux travaux de M. Buvignier. Ce géologue divise son étage supérieur en 3 groupes, le 10e, le 11e et le 12e de son terrain jurassique ; ce sont : les calcaires à Astartes, dont la puissance est de 140 mètres, les marnes kimméridiennes, dont la puissance est de 80 mètres, et les calcaires portlandiens ou de Barrois, dont la puissance est de 180 mètres. La comparaison avec le kimméridien de Montbéliard amène aux conclusions suivantes :

1° L'étage jurassique supérieur ou étage portlandien de la Meuse commençant à une assise marneuse évidemment kimméridienne, avec *Ostrea deltoidea* Sow., *O. Brunrutana* Th., *Astarte gregarea* Th., etc., et reposant directement sur l'oolithe corallienne avec *Nérinées*, *Turbo*, *Diceras*, *Cardium corallinum* Leymer., etc., notre sous-groupe 1 du calcaire à Astartes n'est pas représenté dans la Meuse.

2° Vers le milieu de l'étage, une série d'assises d'un calcaire blanc, crayeux ou oolithique, rempli de Trochus, de polipiers, de Nérinées, avec *Cardium corallinum* Leymer., correspond évidemment, par sa faune et son niveau, à notre sous-groupe 5 du calcaire à Cardium. Les assises inférieures sont peut-être les équivalents de nos sous-groupes 2 et 3 du calcaire à Natices et des marnes à Astartes, mais l'ordre de succession des assises et la manière d'être des faunes sont tellement différentes, qu'il est impossible d'établir un rapprochement précis.

3° La partie supérieure des calcaires à Astartes de M. Buvignier, qui succèdent immédiatement aux calcaires blancs, et qui renferment : *Pterocera Thirriæ* Contej., *Pholadomya Protei* Brg. sp., *Ceromya excentrica* Voltz sp., *Thracia suprajurensis* Desh., etc. représentent bien nos calcaires et marnes à Ptérocères (sous-groupe 6) ; mais, comme ils sont immédiatement surmontés des argiles à Gryphées Virgules (groupe 11 de M. Buvignier), tellement identiques avec celles de Montbéliard, que la même description pourrait suffire pour les deux contrées, les sous-groupes intermédiaires si caractéri-

risés du calcaire à Corbis (7), et du calcaire à Mactres (8) n'existent pas dans la Meuse.

4° Les calcaires portlandiens (groupe 12 de M. Buvignier) ressemblent beaucoup a ceux de Besançon et de la Haute-Saône, et présentent à leur partie moyenne les mêmes assises cariées; mais la distribution des fossiles est assez différente, et les grosses Ammonites ainsi que les Nérinées, si caractéristiques dans le Jura, font ici absolument défaut.

5° Le groupement et l'association des fossiles ne sont pas les mêmes dans les deux contrées. L'*Ostrea deltoidea* Sow., si répandu dans le bassin anglo-parisien, n'a jamais été rencontré à Montbéliard ni dans le Jura; l'*Ostrea Bruntrutana* Th., très abondant dans la Meuse dès la base de l'étage, ne devient nombreux dans le Jura qu'à partir du calcaire à Cardium, où apparaît seulement l'*Ostrea Virgula* Defr., fréquent à tous les niveaux dans le bassin de Paris. Nous venons en outre de constater l'absence des Nérinées et des grosses Ammonites dans les assises portlandiennes.

Les terrains jurassiques supérieurs de la partie occidentale du bassin de Paris ont été étudiés en Angleterre, au Havre, dans le bas Boulonnais, etc., mais principalement dans les localités classiques de Portland et de Kimmeridge. Ils sont plus simples dans leur composition que ceux de la Meuse et de Montbéliard. Leur comparaison avec le kimméridien de ces deux contrées donne les résultats suivants :

1° Le groupe astartien, si développé dans le Jura et même dans la Meuse, n'existe pas ou est rudimentaire.

2° Notre groupe ptérocérien, si nettement caractérisé dans le Jura, mais déjà confondu avec le précédent dans la Meuse, est ici encore moins distinct, de telle sorte que sa place ne saurait être désignée dans l'étage.

3° Notre groupe virgulien atteint sa plus grande puissance en Angleterre, où il a jusqu'à 160 mètres d'épaisseur. Il résume, en quelque sorte, les caractères de tous nos sous-groupes, dont il réunit les fossiles. Néanmoins, au cap de la Hève, par exemple, j'ai pu constater une véritable interversion dans l'ordre des faunes. En effet, les fossiles les plus caractéristi-

ques de nos marnes à Virgules : *Ostrea virgula* Defr. sp., *Trigonia muricata* Rœm., *Pholadomya acuticosta* Sow., *Gervilia kimmeridiensis* D'Orb., *Trigonia suprajurensis* Ag, *Terebratula subsella* Leymer., de grands *Ostrea Bruntrutana* Th. etc., pullulent dans l'assise marno-calcaire à grands *Ostrea deltoidea* Sow. mise à découvert à la basse mer, et sont fort rares ou n'existent pas dans les bancs marneux qui la surmontent au pied des falaises de la Hève, où j'ai trouvé en abondance : *Pterocera Thirriæ* Contej., *Natica hemisphærica* Rœm., *Pholadomya Protei* Brg. sp., *Ostrea solitaria* Sow. et de petits *Ostrea Bruntrutana* Th., tous fossiles caractéristiques de nos marnes à Ptérocères.

4° Les calcaires portlandiens de la Meuse et du Jura n'existent pas au cap de la Hève, et sont représentés en Angleterre et dans le bas Boulonnais par des sables et des calcaires, dont la puissance totale varie de 15 à 50 mètres.

5° Il n'existe aucun niveau coralligène à Nérinées comparable à notre calcaire à Cardium et au calcaire oolithique blanc de la Meuse.

6° L'*Ostrea deltoidea* Sow. est très répandu; l'*O. Virgula* Defr. sp., qui pullule dans la Meuse et le Jura, devient rare dans certaines localités de l'Angleterre ; les Nérinées manquent dans les assises portlandiennes, où les grandes Ammonites sont peu abondantes.

7° Beaucoup plus simple que dans l'est, l'étage jurassique supérieur n'est plus composé que de trois termes principaux : 1° un calcaire à Astartes rudimentaire ou nul; 2° des argiles à Gryphées-Virgules très puissantes et renfermant toute la faune ; 3° des sables et des calcaires portlandiens non constants. Dans certains cas, l'étage peut même être réduit aux seules argiles à Virgules.

Dans le bassin du sud-ouest, qui nous reste à examiner, M. Coquand divise son étage kimméridien du département de la Charente en trois sous-groupes : 1° le calcaire à Astartes, 2° les assises à Ptérocères, 3° les assises à *Ostrea Virgula*. Les calcaires à Astartes ont 35 à 40 mètres d'épaisseur. Ils reposent sur l'oolithe corallienne. On y trouve, mêlés à d'autres fossiles, l'*Astarte gregarea* Th. ; puis l'*Ammonites Eri-*

nus d'Orb., le *Panopea donacina* Ag. sp., le *Terebratula subsella* Leym., caractéristiques de nos sous-groupes supérieurs. Les assises à Ptérocères, dont la faune est assez analogue à celle de notre sous-groupe 6, ont une épaisseur de 10 à 12 mètres, et représentent assez bien notre groupe ptérocérien, dont le développement est de 98 mètres à Montbéliard. Elles sont mal séparées des assises à *Ostrea Virgula*, épaisses de 70 mètres, qui se rapportent exactement à notre 9e sous-groupe des calcaires et marnes à Virgules, et renferment les mêmes fossiles, les mêmes lumachelles tout petries d'Huîtres-Virgules. L'étage portlandien de M. Coquand est formé à la base d'assises sableuses, et à la partie supérieure de bancs calcaires correspondant aux sables et aux calcaires de Portland. D'ailleurs les fossiles y sont peu nombreux; nous y remarquons plusieurs espèces du portlandien de la Meuse.

Le bassin du sud-ouest ne ressemblait donc pas à ceux dont nous venons d'esquisser les principaux caractères. Sous certains rapports il se rapproche du bassin oriental, mais il se rattache également à la manière d'être occidentale du bassin anglo-parisien. C'est avec la partie orientale du même bassin qu'il a le moins d'analogie. Les calcaires à Astartes, qui manquent ou n'existent qu'à l'état rudimentaire en Angleterre et en Normandie, ont ici une grande importance; les calcaires à Ptérocères sont presque aussi distincts qu'à Montbéliard; les assises à Virgules ressemblent à celles de la Lorraine et du Jura; et, d'un autre côté, les sables et les calcaires portlandiens, analogues par la faune à ceux de la Meuse, rappellent davantage par leur nature minéralogique ceux de l'Angleterre et du bas Boulonnais. Il n'existe point de zone coralligène comparable à notre calcaire à Cardium. L'*Ostrea deltoidea* Sow. manque comme dans le bassin oriental; l'*Ostrea Virgula* Defr. sp. pullule à tous les niveaux marneux supérieurs; enfin les grosses Ammonites et les Nérinées font défaut dans le portlandien.

On voit par cet exposé rapide combien était diverse la manifestation de la vie organique aux époques géologiques anciennes, et à quel degré peut varier la composition d'un terrain et l'association des fossiles d'un même étage. Je crois

donc avoir établi que dans l'ouest de l'Europe certains terrains (et notamment les terrains jurassiques supérieurs) sont tellement dissemblables, même à des distances très rapprochées et souvent dans le même bassin, qu'il est impossible d'appliquer à une région les divisions établies pour une région voisine ou même pour une autre partie du même bassin.

Si maintenant, recherchant dans chaque région les localités les plus riches en fossiles et celles où l'étage est le plus complétement développé, et établissant pour ces localités des divisions naturelles en groupes, sous-groupes, etc., suivant la nature des faunes, nous essayons d'étendre ces divisions de proche en proche, nous reconnaîtrons que les types pris à Montbéliard ou à Porrentruy pour le bassin oriental se suivent à Besançon, à Salins, dans le Jura bernois et soleurois, et en général dans tout le bassin, en se dégradant çà et là et en perdant de leur netteté à mesure qu'on s'éloigne des centres; mais partout où une assise peut être reconnue, elle se trouve au même niveau relatif, occupe la même place dans l'étage et renferme les mêmes débris organiques là où elle est fossilifère. De même, les divisions kimméridiennes établies pour le centre du département de la Meuse sont applicables à l'Aube, à la Haute-Marne, aux Ardennes, et en général à tout le bord oriental du bassin anglo-parisien, mais ne conviennent plus à l'Angleterre et à la Normandie, et ne peuvent davantage s'étendre au Jura ni au bassin du sud-ouest. De même, enfin, les groupes et les sous-groupes du kimméridien des deux Charentes ne sont plus applicables en dehors du bassin du sud-ouest.

A l'époque kimméridienne, la France offrait donc quatre centres ou groupements organiques principaux : 1° le centre franc-comtois pour le bassin oriental, dont les types existent à Montbéliard et à Porrentruy; 2° le centre lorrain, pour la moitié orientale du bassin anglo-parisien, dont le type doit être pris dans le centre du département de la Meuse; 3° le centre anglo-normand, pour la moitié occidentale du même bassin, dont le type doit être cherché en Angleterre et en

Normandie ; 4° le centre breton, pour le bassin du sud-ouest, dont le type existe dans les deux Charentes.

De ces faits on peut conclure que, dans l'étude des terrains anciens, et en particulier des étages jurassiques supérieurs, il faut découvrir, dans chaque région, la localité la plus riche, la plus variée tant sous le rapport de la faune que sous celui de la composition minéralogique; rayonnant ensuite autour de cette localité, on cherchera à retrouver et à constater de proche en proche les groupes naturels établis pour la localité typique. Quand l'ordre des choses sera modifié d'une manière notable, que les divisions cesseront de se correspondre, que les fossiles seront distribués d'une manière différente, on aura passé à un autre centre organique, dont on déterminera les types pour en faire un nouveau terme de comparaison applicable dans un certain rayon, mais on se gardera bien de chercher à retrouver quand même les groupes et sous-groupes d'une autre région là où ils n'existent pas, et d'établir des parallélismes impossibles. Chaque centre organique doit donc être étudié séparément.

Telle est la marche adoptée par moi dans un ouvrage où j'expose avec grand détail les résultats que j'ai dû me borner à énoncer ici; telle est, si je ne m'abuse, la seule marche rationnelle à suivre dans l'étude de la géologie stratigraphique. Vouloir tout ramener à des types inflexibles, souvent mal choisis, quelquefois incomplets, c'est méconnaître toutes les lois de la paléontologie; et les méthodes qui ne tiennent pas compte de la merveilleuse variété signalée à toutes les époques sont par cela même incomplètes, inexactes et essentiellement artificielles.

Séance du 15 *juin* 1861.

Phytologie. *Un fait de géographie botanique à l'appui de la théorie de l'influence physique du sol sur la dispersion des plantes.*—Sous ce titre M. Contejean a fait, dans cette séance, la communication suivante :

On sait que les botanistes ne sont pas d'accord sur la nature de l'influence du sol dans la dissémination des espèces. Les uns y voient des actions chimiques assez complexes, d'au-

tres ne reconnaissent qu'un simple effet physique et mécanique, et le plus grand nombre évitent de se prononcer, par défaut de preuves suffisantes en faveur de l'une ou de l'autre opinion. La vérité est probablement dans toutes les deux. Si l'on ne peut nier l'action directe de certains sels solubles, par exemple du sel marin, auquel est due la présence de la flore maritime sur les rivages et dans le voisinage des salines, on ne saurait non plus se refuser à reconnaître que la manière d'être physique du terrain, son état permanent d'humidité ou de sécheresse et les différentes températures qui en résultent, exercent la plus grande influence sur la distribution des plantes. A certains égards, et lorsque l'action directe des sels solubles est hors de cause, ce qui a lieu dans la plupart des cas, l'influence physique paraît dominante.

En effet, les plantes réputées silicicoles ne se rencontrent généralement que sur des roches siliceuses; mais il importe d'ajouter que toutes ces roches sont faciles à désagréger et donnent toujours naissance à un sol profond, meuble et humide : de même, les plantes prétendues calcicoles préfèrent les calcaires ; mais on sait que les roches de cette nature résistent énergiquement à la décomposition, restent constamment sèches et arides, et ne sont recouvertes que d'un sol très léger, quand elles ne sont pas absolument nues Dans certains cas, lorsque le terrain siliceux devient accidentellement compacte et le terrain calcaire accidentellement détritique, on voit avec surprise les espèces calcicoles recouvrir la roche siliceuse et les espèces silicicoles préférer la roche calcaire; mais, le plus souvent, l'action physique réelle est dissimulée par l'action chimique apparente, et c'est à cette dernière qu'on est porté à attribuer toute influence. Le fait suivant me paraît militer en faveur de l'influence physique.

La forêt de la Serre, petite chaîne cristalline située à quelques kilomètres au nord de Dole (Jura), est enclavée de toutes parts dans le terrain jurassique. La flore de la contrée est celle de la région basse du Jura, mais la flore des gneiss et des arkoses du centre de la chaîne contraste si fortement avec la première, que le botaniste pourrait un instant se croire transporté dans les Vosges ou les montagnes d'Auvergne : partout

des Bouleaux, des Bruyères, de grandes Fougères, des Graminées luxuriantes ; partout les *Sarothamnus scoparius* K., *Orobus tuberosus* L., *Ornithopus perpusillus* L., *Hypericum pulchrum* L., H. *humifusum* L., *Rumex acetosella* L., *Scleranthus perennis* L., *Luzula albida* DC, *Aira flexuosa* L., *A. caryophyllea* L., et une foule d'autres plantes caractéristiques des terrains cristallins. Il est cependant un point où j'ai constaté une exception remarquable.

En abordant le système du côté du nord-ouest, entre Oflange et Serre-les-Meulières, on observe, sur les crêtes oolithiques qui bordent la chaîne, une végétation purement jurassique, dont les principales espèces sont : *Helleborus fœtidus* L., *Polygala comosa* Schrk., *Hippocrepis comosa* L, *Buplevrum falcatum* L., *Conyza squarrosa* L., *Cynanchum vincetoxicum* R. Br., *Ligustrum vulgare* L., *Verbascum Lychnitis* L., *Digitalis lutea* L., *Stachys recta* L., *Aceras anthropophora* R. Br., associées à beaucoup de plantes ubiquistes quant au terrain. Une faille met ce calcaire en contact avec les arkoses, sur lesquelles apparaît brusquement toute la végétation silicicole dont nous avons cité les principales espèces, à l'exclusion absolue de la flore du calcaire. Ces arkoses s'appuient sur des gneiss, ici compactes et nullement désagrégés, ce qui est aisé à vérifier, la roche étant généralement à nu où à peine recouverte d'une mince couche d'humus. Eh bien ! sur ces gneiss compactes, la flore ordinaire des gneiss et des arkoses a tout à fait disparu, ou plutôt les espèces les plus caractéristiques font défaut, car on ne trouve plus ni Bouleaux, ni Genêts, ni Bruyères, et les *Aira*, *Orobus*, *Hypericum*, *Scleranthus*, etc., en un mot les espèces caractéristiques des roches siliceuses, ont cédé la place aux *Veronica montana* L., *Lysimachia nemorum* L., *Euphorbia amygdaloides* L., *Hypericum hirsutum* L., *Sambucus racemosa* L., *Sorbus torminalis* L., *Ligustrum vulgare* L., *Ophrys nidus-avis* L., *Anthyllis vulneraria* L., dont l'ensemble se rapproche beaucoup plus de la flore du calcaire que de ce le de la silice. La flore silicicole reparaît plus loin sur ces mêmes gneiss, qui deviennent sableux et détritiques à peu de distance.

Or les gneiss et les arkoses sont des roches siliceuses d'une

composition chimique presque identique. Il paraît donc évident que ce n'est pas à la présence du calcaire, qui manque sur ce point, qu'est due, dans cette partie de la Serre, l'existence d'une flore, sinon absolument calcicole, du moins privée des espèces caractéristiques de la silice, si abondantes à quelques pas, tandis que cette même flore se trouve, au contraire, parfaitement en rapport avec l'état physique d'agrégation de la roche sous-jacente, et l'on est obligé d'admettre ici la prépondérance de l'action purement physique.

Chimie organique. *Sur les couleurs obtenues à l'aide de la naphtaline.* — M. L. Troost a fait à la Société, également dans cette séance, une communication dont voici le résumé.

L'auteur a pensé qu'on pouvait, pour obtenir des matières colorantes, suivre deux méthodes différentes : l'une, calquée sur le procédé suivi pour les couleurs d'aniline, consiste à oxyder la naphtaline (nitronaphtaline correspondant à la nitrobenzine) pour la réduire ensuite à l'état de naphtilamine analogue de l'aniline, et essayer enfin sur ce produit l'action des corps oxydants. Ce procédé, qui a donné des couleurs si riches avec la benzine, a déjà fourni des résultats intéressants pour la naphtaline entre les mains de MM. Perkins, de Wiider, etc. La seconde méthode consiste à passer de suite à un degré d'oxydation supérieur, (bi ou trinitronaphtaline) pour essayer seulement alors l'action des agents réducteurs. Ce procédé est difficile à appliquer à la benzine, qu'on ne peut transformer qu'avec peine en binitrobenzine, soit par le procédé de M. H. Sainte-Claire Deville, soit par celui de M. Cahours. Aucune difficulté de ce genre pour les différentes nitronaphtalines. Aussi, dès le mois de juillet de l'année dernière l'auteur obtenait des matières colorantes rouges, violettes et bleues, soit par l'action des réducteurs en présence des alcalis, soit par l'action des sulfures, polysulfures, sulfhydrates de sulfures, cyanures, sulfocyanures alcalins, etc. Il observait de plus que, chaque fois que l'alcali peut agir avant le réducteur, il donne naissance à une matière brune qui souille les violets produits par l'action de ce réducteur. Une de ces cou-

leurs, obtenue par l'action des sulfhydrates de sulfures alcalins sur la binitronaphtaline pure, a été depuis le mois de septembre dernier l'objet d'essais industriels qui se poursuivent encore en ce moment. Ce violet, précipitable sans altération par les acides étendus, est soluble dans les alcalis, les sulfures alcalins, les carbonates, etc. Il prend sur les étoffes *sans mordant,* et se dédouble par des opérations convenables en rouge et en bleu. Cette préparation a été mentionnée dans le Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse à l'occasion des prix et médailles proposés pour 1861. (Voir le journal *l'Institut*, décembre 1860). M. E. Kopp l'indique également à la page 4 de son mémoire sur les rouges d'aniline, février 1861.

Pour que la couleur soit belle, la première condition est de préparer de la binitronaphtaline pure. Le premier moyen employé par l'auteur consistait à mettre peu à peu de la naphtaline dans l'acide nitrique fumant. Dans cette opération on ne peut éviter une élévation de température et un abondant dégagement de vapeur d'acide hypoazotique. Outre l'inconvénient d'une perte notable d'acide, ce procédé présente encore celui de donner de la bi et de la trinitronaphtaline retenant souvent encore un peu de protonitronaphtaline. De là la nécessité de purification à l'aide de l'alcool par exemple. Ce procédé a été abandonné à la suite des premiers essais. On obtient un produit meilleur en faisant arriver l'acide nitrique fumant peu à peu sur la naphtaline contenue dans un vase refroidi extérieurement : il y a moins de trinitronaphtaline, mais il se perd encore de l'acide. Aucun de ces procédés ne donne de bons résultats industriels. La méthode suivante remplit toutes les conditions désirables. On prépare d'abord de la protonitronaphtaline en traitant la naphtaline par un mélange d'acide nitrique ordinaire et d'acide fumant, marquant 44° Baumé, et contenu dans un vase refroidi de manière à éviter toute élévation de température et tout dégagement de vapeurs rutilantes. L'acide qui aura servi à cette expérience sera affaibli ; mais, ramené au degré voulu à l'aide d'acide plus concentré, il pourra servir de nouveau. La matière cristalline ainsi obtenue à froid est égouttée et mise alors dans de l'acide nitrique *au maximum de concentration* (50° Baumé), et con-

tenu comme le premier dans un vase refroidi. Elle s'y délite, comme de la chaux vive dans l'eau, et se prend en une masse cristalline homogène jaune pâle, occupant toute la capacité du vase, et qui, si l'on a bien opéré à froid en évitant tout dégagement de vapeurs rutilantes, est de la binitronaphtaline pure. L'acide à 50° doit être préparé exprès, car l'acide fumant du commerce ne marque guère que 48°, et ne produit nullement le même effet. Il y a également grand avantage à préparer soi-même l'acide, quand on veut le faire agir sur la benzine pour obtenir la nitrobenzine ordinaire.

L'auteur espère pouvoir faire connaître prochainement le résultat complet de ses recherches sur l'action comparative des réducteurs sur les différentes nitronaphtalines.

Physique. — La note suivante, sur la théorie des condenseurs planes, a été communiquée aussi dans cette séance par M. J.-M. Gaugain.

J'ai fait voir, dans un précédent travail (Académie des sciences de Paris, séances des 18 février et 29 avril 1861), que la théorie des condensateurs cylindriques pouvait être déduite de la théorie de la propagation, et j'ai exprimé l'opinion que cette dernière théorie pourrait également servir à résoudre toutes les questions relatives aux condensateurs de forme quelconque. J'ai cru utile de constater qu'il en était effectivement ainsi dans le cas des condensateurs planes, et j'ai exécuté dans ce but une série d'expériences dont je vais indiquer sommairement ici le plan et les résultats.

Lorsqu'un cylindre électrisé se trouve placé dans un autre cylindre maintenu en communication avec la terre, on peut sans erreur notable admettre que l'influence du cylindre intérieur s'exerce exclusivement sur le cylindre qui l'enveloppe, du moins quand la longueur commune des cylindres est beaucoup plus grande que leurs diamètres. En effet, le cylindre intérieur ne peut exercer d'action sur l'enceinte où se trouve placé l'appareil que dans la direction des bases ouvertes du tuyau cylindrique extérieur, et cette action est assez petite pour qu'on puisse la négliger. Quand, au contraire, on considère l'action d'un disque électrisé A, sur un autre disque B maintenu en communication avec le sol, il n'est plus possible de

faire abstraction de l'action que le disque A exerce sur l'enceinte, cette action pouvant être beaucoup plus considérable que celle du disque A sur le disque B. La théorie des condensateurs planes est, pour cette raison, plus compliquée que celle des condensateurs cylindriques. Dans le cas de ces derniers condensateurs, la charge influençante et la charge influencée sont toujours égales ; il n'y a par conséquent qu'une seule quantité à rechercher. Dans le cas des condensateurs planes, au contraire, la charge influençante et la charge influencée sont différentes et doivent être déterminées séparément. Il n'est pas difficile, d'ailleurs, d'apercevoir comment on peut arriver à leur détermination au moyen de la théorie ordinaire de la propagation déduite des principes d'Ohm.

L'enceinte étant connue de forme et de grandeur, et le disque A, dont les dimensions sont connues, occupant par rapport à cette enceinte une position invariable, supposons que le disque B se déplace de telle manière que la ligne droite passant par le centre des disques reste perpendiculaire à leurs plans ; si le disque A est en communication avec une source constante et si le disque B ainsi que l'enceinte sont maintenus à la tension zéro, on pourra se proposer de déterminer : 1° la charge influençante du disque A ; 2° la charge influencée du disque B, en fonction de la distance variable des deux disques.

Pour ramener ce problème à une question de propagation, il suffit d'imaginer simplement que le diélectrique isolant qui remplit l'enceinte dans le cas du condensateur se trouve remplacé par un milieu doué de conductibilité, mais beaucoup moins conducteur cependant que la substance dont on suppose les disques et l'enceinte formés. Cette hypothèse admise, on n'aura plus qu'à appliquer les lois de la propagation dans l'espace et dans l'état permanent des tensions, et à déterminer : 1° l'intensité du courant total qui, partant de l'électrode A, se dirige soit vers l'électrode B, soit vers l'enceinte ; 2° l'intensité du courant dérivé qui arrive à l'électrode B. Si les lois de la propagation peuvent toujours s'appliquer à l'influence, comme je l'ai annoncé, les intensités du couran total et du courant dérivé que je viens de définir seront exprimées res-

pectivement par les mêmes formules que la charge influençante du disque A et la charge influencée du disque B dans le cas de la condensation. Les expériences dont je vais rendre compte ont eu pour but de reconnaître si cette corrélation existe réellement.

Les disques qui ont rempli tour à tour le rôle d'électrodes et le rôle d'armures dans mon appareil sont en cuivre et n'ont que 85^{mm} de diamètre. Ils sont placés dans l'intérieur d'un cylindre de cuivre de 160^{mm} de diamètre et de 180^{mm} de hauteur. Un tel cylindre ne forme qu'une enceinte incomplète, mais je me suis assuré que les charges communiquées aux disques placés dans son intérieur sont, à fort peu près, les mêmes que si la longueur du cylindre enveloppant était plus considérable. On peut donc regarder comme négligeables les actions que les disques exercent à travers les bases ouvertes du cylindre-enveloppe sur les parois de la chambre où l'appareil est placé. Dans toutes mes expériences, les centres des disques ont été maintenus sur l'axe du cylindre et leurs plans sont restés perpendiculaires à cet axe ; j'ai fait varier leur distance de 2 à 50^{mm}.

Dans les recherches relatives à la condensation, l'intervalle compris entre les disques et le cylindre-enveloppe était rempli d'air et j'ai mesuré pour chaque portion des disques la charge influençante et la charge influencée au moyen du petit électroscope à décharges employé dans toutes mes recherches antérieures.

Dans les expériences relatives à la propagation, l'espace compris entre les disques et le cylindre enveloppe a été occupé par une dissolution de sulfate de cuivre ; l'un des disques A a été mis en communication avec l'un des pôles d'une pile ; l'autre disque B et l'enceinte ont été mis simultanément en communication avec le second pôle de la même pile. Pour déterminer le courant total, je me suis servi du galvanomètre différentiel et j'ai procédé à fort peu près comme l'a fait M. Edmond Becquerel dans son travail sur la conductibilité des liquides. Il eût été difficile de suivre la même marche pour mesurer l'intensité du courant dérivé en raison de la condition qu'il fallait remplir de maintenir constamment le

disque B et le cylindre enceinte à la même tension. J'ai employé pour la détermination de cette intensité la méthode que l'on a coutume de désigner sous le nom de *pont de Wheatstone.*

Le résultat général a été tel que je l'avais prévu :

1° Quand on fait varier la distance des disques, l'intensité du courant total (dans le cas de la propagation) et la charge influençante (dans le cas de la condensation) varient dans le même rapport. Voici quelques-unes des valeurs numériques obtenues : les nombres de la première colonne expriment la distance des disques ; ceux de la seconde sont des coefficients inversement proportionnels au courant total et à la charge influençante.

4mm	41
7	72
10	100
20	150
30	172
40	189
50	200

2° Le nombre *m*, qui exprime pour une position donnée des disques le rapport du courant total au courant dérivé, exprime aussi pour la même position des disques le rapport de la charge influençante à la charge influencée ; le tableau suivant contient quelques-unes des valeurs trouvées pour *m*.

Distance des disques.	Valeurs de *m*.
mm. 7,5	1,33
10,5	1,50
13,5	1,66
20,0	2,00
23,0	2,33
25,7	2.50
32,0	3,00
43,0	4.00
51,5	5 00

On voit que dans le cas des condensateurs planes, aussi bien que dans le cas des condensateurs cylindriques, la loi de l'influence ne diffère pas de celle de la propagation. Je crois qu'on peut sans témérité généraliser le principe et dire sans restriction

que toute question relative à la distribution de l'électricité dans l'état statique correspond à une question d'électricité dynamique, de telle sorte qu'une même solution s'applique aux deux problèmes. Ce rapprochement, qui me paraît intéressant, justifie complétement cette opinion de M. Faraday que « dans toute théorie mathématique suffisante, l'influence et la conduction devront être considérées comme des cas de même espèce; » mais il faut pourtant remarquer que l'identité des lois de l'influence et de la propagation, constatée expérimentalement, ne suffit pas pour démontrer que les vues qui ont conduit l'illustre physicien anglais à la conclusion citée soient exactes de tous points. Je ne veux émettre en ce moment aucune opinion sur la nature intime des deux classes de phénomènes dont il s'agit; je me borne à constater comme un fait d'expérience qu'ils sont régis par la même théorie.

Séance du 22 juin 1861.

Ichthyologie. — La note suivante sur les filets pêcheurs de la Baudroie (*Lophius piscatorius* L.) a été communiquée par M. S. Jourdain, doct. ès sciences.

Les filets pêcheurs de la Baudroie avaient été déjà étudiés par M. le docteur Bailly, dont le travail a paru accompagné d'un savant rapport de M. Geoffroy Saint-Hilaire (*Annales des Sc. nat.*, 1re série, vol. 11, 1824, p. 311-332; *Atlas*, t. II, pl. 16). Nous n'avons donc point pour but, en revenant sur ce sujet, de décrire en détail ce curieux appareil; nous nous bornerons à compléter la note dont nous venons de parler en y ajoutant quelques rectifications.

Les filets, situés sur la ligne médiane, sont au nombre de trois. Les deux antérieurs sont portés par une pièce allongée plus ou moins ossifiée, le *grand porte-filet*, qui repose sur les frontaux; le postérieur est articulé avec un second porte-filet beaucoup plus réduit dans ses dimensions et en rapport avec la ligne de suture des occipitaux supérieurs. Leur appareil musculaire est très developpé et permet des mouvements extrêmement diversifiés.

Le troisième filet ou filet postérieur possède trois paires de muscles : 1° une paire antérieure : muscles *préducteurs*;

2° une paire postérieure : muscles *rétroducteurs;* 3° une paire de muscles latéraux, que nous désignerons sous le nom d'*oscillateurs.* C'est à tort que M. Bailly a décrit et figuré ces derniers comme composés chacun d'un double faisceau (*muscles latéral antérieur* et *latéral postérieur*).

Les muscles qui se rattachent au reste de l'appareil sont de deux sortes : les uns sont destinés à mouvoir les deux filets antérieurs ; les autres prennent leur insertion mobile sur le grand porte-filet.

Les muscles moteurs du deuxième filet sont au même nombre que ceux du troisième et peuvent recevoir les mêmes désignations. Seulement, ceux qui correspondent aux oscillateurs n'ont point été exactement figurés par M. Bailly. Ils se prolongent en arrière jusqu'au niveau de l'insertion du troisième filet et sont constitués par un large faisceau triangulaire postérieur donnant naissance à un tendon sur lequel viennent s'insérer un nombre variable de faisceaux de même forme et dont la base forme l'insertion fixe.

Le premier filet, celui dont l'extrémité supporte un lambeau cutané, est mis en mouvement par deux paires de muscles : des *rétroducteurs* et des *préducteurs* qui permettent un déplacement angulaire très étendu.

Le grand porte-filet est mû par une paire de muscles latéraux qui jouent le rôle de *préducteurs.* Nous n'avons point rencontré les rétroducteurs mentionnés par M. Bailly.

Les filets pêcheurs de la Baudroie ne sont point une création nouvelle; on doit les regarder comme une modification de rayons tout à fait semblables à ceux qui entrent dans la composition des nageoires dorsales : le filet représentant alors le rayon proprement dit et le porte-filet, l'os interépineux qui lui sert de support. Si l'on compare en effet le troisième filet, le moins altéré dans sa forme, avec un rayon quelconque de la nageoire dorsale, l'analogie saute aux yeux, et cette assimilation trouve encore un argument dans la disposition des faisceaux musculaires, identique des deux côtés.

Nous ne pouvons donc point adopter l'opinion de M. Bailly qui veut voir dans le porte-filet une pièce intégrante des vertèbres crâniennes, ou, comme il le dit lui-même, un nouveau

point osseux surajouté à ceux qui entrent dans la composition de ces arcs, opinion que contredisent formellement toutes les notions ostéologiques. Il nous semble plus rationnel d'y retrouver, avec le père Kircher, un démembrement de la nageoire dorsale, d'autant plus que le premier rayon de celle-ci correspond à la quatrième vertèbre abdominale. Nous proposerons enfin une dernière hypothèse qui consisterait à considérer les filets pêcheurs comme des rayons dépendant des vertèbres crâniennes, rayons exceptionnellement développés dans ce Poisson pour satisfaire à des exigences biologiques pareillement exceptionnelles.

Quelle que soit la manière de voir à laquelle on s'arrête, l'homologie de ces appendices avec les rayons des nageoires normales nous paraît incontestable.

Ostéologie. *Expériences sur la nutrition des os.* — La communication suivante a été faite aussi par M. Alphonse Milne Edvards.

En 1842, Chossat, dans ses belles études sur la nutrition, démontra que pour que les animaux puissent vivre ils doivent ingérer tous les jours dans leur estomac une quantité considérable de sels calcaires, soit avec leurs aliments, soit en nature comme certains Oiseaux. Si cette quantité vient à leur manquer, le sang, au lieu de puiser dans les produits de la digestion les principes terreux qui lui sont nécessaires, les emprunte au tissu osseux, et, au bout d'un espace de temps qui peut varier avec l'espèce de l'animal, son âge, son plus ou moins d'activité vitale, les os deviennent de plus en plus minces et fragiles et finissent par se rompre sous le plus petit effort. C'est alors que la mort arrive comme conséquence inévitable de ce mode de nutrition.

Mais Chossat n'avait pas cherché à expliquer, à l'aide de l'analyse chimique, quels sont les phénomènes dont l'os est le siége et de quelle manière se détruit le tissu osseux. Était-ce par une simple résorption des matières calcaires que le sang, par une sorte de lavage, enlevait à l'os au fur et à mesure des besoins de l'économie, laissant intacte la matière cartilagineuse, ou bien le tissu osseux se détruisait-il peu à peu et de toutes pièces, c'est-à-dire la matière cartilagineuse dis-

paraissait-elle en même temps que le phosphate et le carbonate de chaux?

Pour résoudre cette question il suffisait de priver pendant quelque temps cet animal de sels calcaires, puis de rechercher, par l'analyse, quelles étaient les altérations que l'os avait subies. Si, sous l'influence de ce mode de nutrition, il était devenu plus pauvre en sels calcaires, ou si le rapport de ses éléments n'avait pas changé, son volume seul diminuait.

De tous les animaux les Oiseaux se prêtent le mieux à ces sortes d'expériences ; on peut, sans changer en rien les conditions de leur alimentation ordinaire, les nourrir de substances très pauvres en matières terreuses ; dans les circonstances normales, outre la quantité considérable de substance minérale qu'ils absorbent par leurs boissons, ils avalent continuellement de petits graviers et de petites pierres, car les graines, débarrassées de matières étrangères, ne pourraient leur fournir assez de sels calcaires pour les besoins de l'organisme.

J'ai nourri des Pigeons de blé, de riz, de maïs et de millet décortiqué, en y ajoutant de l'eau distillée pour boisson.

Le blé employé m'a donné par l'incinération 2,50 p. 100 de cendres contenant 0,05 de chaux.

Le maïs laissait pour résidu 1 à 1,30 pour 100 de cendres, contenant 0,015 de chaux.

Le riz laissait 0,5 p. 100 à 0,8 de cendres.

Le millet contenait 2,50 à 3,00 p. 100 de cendres.

Mais comme la plus grande partie des matières minérales se trouve dans la pellicule qui enveloppe la graine, j'ai pu, en la décortiquant, obtenir un produit qui ne contient plus que 1 p. 100 de cendres, dans lesquelles il y a 0,02 à 0,03 de chaux.

Alimenté de cette façon, un Pigeon qui mange en moyenne 40 grammes de ces graines par jour ne fait entrer dans son organisme qu'environ 0,008 de chaux, quantité complétement insuffisante pour l'entretien du tissu osseux.

Trois jeunes Pigeons ont été soumis à ce régime, un autre alimenté normalement devait servir de terme de comparaison ; on le nourrissait des mêmes graines, seulement il buvait

de l'eau ordinaire et on laissait de petits graviers dans sa cage. Les autres ne buvaient que de l'eau distillée, et leur cage était placée à l'abri des poussières calcaires.

L'expérience dura trois mois et demi. Dans les premiers temps, les Pigeons privés de sels calcaires ne parurent pas souffrir de la privation de ces matières terreuses, ils passaient seulement leur journée à piqueter le bois de leur cage; mais vers la fin du troisième mois, ils furent pris les uns après les autres d'une diarrhée assez violente. J'interrompis alors l'expérience et je sacrifiai ces Pigeons, ainsi que celui nourri normalement et qui continuait à se bien porter et à grossir.

Les os des sujets mis en expérience présentaient un volume beaucoup moindre que d'ordinaire; à l'état frais ils pesaient près d'un tiers moins que ceux du Pigeon laissé dans les conditions ordinaires d'alimentation. Aussi ai je été obligé, à cause de ce petit volume, de prendre pour les analyser avec exactitude, non pas un seul os mais tous les os longs, tels que ceux du bras, de la cuisse, de l'avant-bras et de la jambe. L'analyse, faite d'après la marche que j'ai indiquée dans un précédent mémoire, m'a donné les résultats suivants :

	Pigeons privés de sels calcaires.			Pigeon ordinaire.
	n° 1.	n° 2.	n° 3.	
Phosphate de chaux.	60,07	59,39	62,52	61 15
Carbonate de chaux.	4,30	5,87	3,75	4 13
Graisse.	0,97	1,22	1,13	1 24
Matière cartilagineuse.	34,66	33,52	32,60	33 48
	100,00	100,00	100.00	100 00
Matière organique.	35,63	34,74	33,73	34 72
Matière inorganique.	64,37	65,26	66,27	65 28

D'après les résultats de ces analyses, on voit que les Oiseaux que l'on privait de sels calcaires présentaient un tissu osseux aussi riche en matières inorganiques que si on les avait laissés dans leurs conditions normales d'alimentation; le volume des os est seulement amoindri. Donc le tissu osseux se résorbe de toutes pièces, et ce n'est pas seulement le carbonate et le phosphate de chaux qui sont enlevés, l'osséine

accompagne ces sels et disparaît relativement aussi rapidement qu'eux.

Ces faits viennent confirmer l'opinion suivant laquelle on regarderait le tissu osseux non pas comme un simple mélange, mais comme une combinaison du phosphate de chaux avec l'osséine. En effet, lorsque ce tissu se forme chez le fœtus, le premier point d'ossification présente la même composition que l'os d'un adulte, et, de même, lorsque l'os se détruit, comme dans l'expérience que j'ai faite, ce n'est pas par un appauvrissement de sels calcaires, mais bien par la disparition du tissu lui même, c'est-à dire du composé formé par l'union de la matière minérale à la matière organique de l'os.

J'ai également cherché à reconnaître si lorsqu'un animal est privé de sels calcaires, il pourrait les remplacer dans la constitution de ses os par des composés analogues, par exemple par ceux de fer, de manganèse et de magnésie. Dans la coquille de l'œuf cette substitution peut avoir lieu; depuis déjà fort longtemps on sait qu'on peut faire entrer dans la composition de cette enveloppe certains sels minéraux tels que ceux de cuivre. Plus récemment M. Roussin est parvenu à déterminer la formation d'œufs dont la coquille contenait une proportion considérable de baryte, de strontiane, de magnésie, de manganèse, de fer ou de plomb. Dans les os la même substitution peut-elle avoir lieu? J'ai cherché à résoudre cette question en employant des carbonates de fer, de manganèse et de magnésie, qui ne pouvaient pas influer d'une manière notable sur l'économie. — 3 Pigeons ont été soumis à une privation aussi complète que possible d'éléments calcaires, et tous les jours on faisait avaler au n° 1 des pilules de 0,1 de carbonate de fer; au n° 2, un même poids de carbonate de manganèse; au n° 3, un même poids de carbonate de magnésie. Au bout de quatre mois de cette alimentation, ces Oiseaux dépérissaient. Le n° 3, soumis au régime du carbonate de magnésie, se supportait à peine. J'ai mis fin à l'expérience et soumis les os à l'analyse. Ceux-ci étaient très minces et très fragiles. Les n°s 1 et 3 m'ont donné des traces de magnésie et de fer, mais ne dépassant pas les quantités qui s'y rencontrent normalement. Quant aux os du n° 2, ils

ne présentaient aucune trace de manganèse. — Les différents sels ne peuvent donc pas entrer dans la constitution du tissu osseux en remplacement des sels de chaux. Ce serait un argument de plus à la théorie que j'avais proposée sur le mode de nutrition des os, et qui tendait à faire considérer le tissu osseux comme n'étant que le résultat de l'union de deux substances primordiales, l'osséine et le phosphate de chaux, le carbonate de chaux n'y existant que comme produit de la décomposition du phosphate de chaux par l'acide carbonique du sang. En effet, il faut que la chaux pour pouvoir se fixer dans l'os y arrive à l'état de phosphate, pour passer ensuite à l'état de carbonate, produit de la décomposition nutritive; et comme les phosphates de fer, de manganèse et de magnésie ne sont pas isomorphes avec le phosphate basique de chaux, ils ne peuvent se substituer à ce dernier. — Dans la coquille de l'œuf, au contraire, formée exclusivement de carbonate de chaux, les carbonates isomorphes peuvent s'y fixer; et, de plus, cette coquille doit être considérée comme un produit excrémentitiel destiné à être éliminé et non à vivre et à se développer au sein de l'économie; elle peut se charger sans inconvénients de substances étrangères et même nuisibles. C'est une voie ouverte pour l'expulsion des matières dont l'organisme ne peut supporter la présence.

Séance du 13 juillet 1861.

Géologie. — M. Delesse a signalé à l'attention de la Société la deuxième édition des études de M. Bernhard de Cotta sur les *gîtes métallifères* (1). La seconde partie de cet ouvrage, qui vient d'être terminée, traite spécialement des gîtes métallifères de l'Europe, et donne une description sommaire de ceux qui sont les plus importants. Ces gîtes sont passés en revue géographiquement. Un tableau résume diverses remarques qui les concernent et il en mentionne plus de 600 sur lesquels 90 ont été visités par M.B. de Cotta. Leur nombre se répartit ainsi : antimoine, 17; plomb, 29; fer, 138; or, 79; cobalt et nickel, 26; cuivre, 109; manganèse, 9; platine, 9; mercure, 15; argent, 131; zinc, 15; étain, 32.

(1) *Bernhard von Cotta. Lehre von den Erzlagerstätten*. 2e édition, 2e partie. Berg und Huttenmannische Zeitung, 1861, n° 27.

Voici les principaux résultats qui sont indiqués par M. B. de Cotta :

1° Les gîtes métallifères présentent des formes qui sont encore plus variées que celles des autres roches. Relativement à leurs formes, ils se distinguent en couches, en filons, en veines ramifiées, en imprégnations. Relativement à leur composition, ils se subdivisent en trois groupes principaux : *a*, gîtes stannifères ; *b*, gîtes complexes caractérisés par un grand nombre de minerais ; *c*, gîtes ferrifères. Toutefois, il n'existe pas de limites bien tranchées entre ces trois groupes.

2° La distribution des gîtes métallifères ne paraît soumise à aucune loi géographique ; mais elle est en relation avec certains phénomènes géologiques. Ainsi, les gîtes stannifères se trouvent surtout dans les roches granitiques, ou du moins ils sont en rapport avec elles. Les gîtes aurifères s'observent le plus souvent dans les schistes cristallins, dans les roches éruptives ou dans les roches quartzeuses, tandis qu'ils sont très rares dans le calcaire ou dans la dolomie. Les filons argentifères sont dans les schistes cristallins ou dans les roches argileuses ; les minerais de plomb et de zinc qui sont pauvres en argent sont intimement liés aux calcaires dolomitiques. Les gîtes cuprifères s'exploitent souvent dans les roches amphiboliques ou chloritiques, dans le granit et dans le grès. Les minerais de fer, qui sont de tous les plus fréquents, se montrent dans les conditions géologiques et pétrographiques les plus variées, mais très souvent ils s'observent au contact de deux roches différentes.

3° La distribution des minerais dans les gîtes métallifères est généralement inégale ; elle dépend du niveau et de la puissance du gîte, ainsi que de la roche encaissante et de quelques circonstances encore inconnues.

4° L'âge des gîtes métallifères est surtout difficile à fixer, au moins lorsqu'ils ne sont pas en couches. On est d'ailleurs certain, par ceux dont l'âge peut être déterminé, qu'ils appartiennent à des époques très différentes ; que leur composition minéralogique ne permet de tirer aucune conclusion sur leur âge ; que, dans des contrées diverses, ils sont souvent complétement semblables, bien que formés à des époques très éloignées,

tandis qu'ils sont au contraire très différents, bien qu'appartenant à la même époque; qu'enfin l'histoire de la terre ne permet pas d'établir un âge déterminé pour les métaux. Il est bien vrai que les gîtes stannifères paraissent généralement les plus anciens et les gîtes composés d'âge moyen, tandis que beaucoup de gîtes ferrifères appartiennent aux époques géologiques les plus modernes ; mais, d'après M. B. de Cotta, la différence d'âge dans ces trois groupes principaux de minerais est seulement apparente, et elle doit plutôt être attribuée à une différence dans le niveau auquel ils sont formés.

5° Tous les gîtes métallifères offrent une concentration locale de minerais dont les éléments étaient d'abord répandus plus uniformément dans la masse de la terre. Pour la plupart d'entre eux, cette concentration paraît avoir eu lieu par des dissolutions aqueuses agissant pendant de très longues durées. En outre, les minéraux qui constituent, soit les filons métallifères, soit les veines ramifiées ou les imprégnations, se sont généralement formés à l'abri de l'atmosphère, dans l'intérieur de la terre, et avec le concours d'une pression et d'une chaleur plus grandes qu'à sa surface. Par conséquent, les gîtes métallifères doivent être considérés comme des formations hydroplutoniques.

— M. Contejean a fait, *sur les relations, l'âge et les mouvements des terrains secondaires et tertiaires du littoral sous-vosgien*, une communication qui se résume dans les propositions suivantes :

1. A la fin de l'époque jurassique, le rivage sous-vosgien éprouva un exhaussement qui a émergé le terrain jurassique en même temps que le trias, car on n'observe aucune discordance entre les deux formations.

2. Cet exhaussement paraît avoir été influencé, sinon déterminé, par les porphyres, appelés *de transition* par M. Thirria, qui ont surgi entre Belfort et Villersexel, suivant une ligne orientée du sud-ouest au nord-est parallèlement aux anciens rivages. Ces porphyres ont relevé les grès bigarrés et toute la série sédimentaire superposée, y compris la formation jurassique dans son ensemble.

3. Les roches jurassiques n'étaient point encore consolidées à l'époque de leur exondation, car on remarque, à la séparation des assises et dans les ruptures, des stries de glissement et des déchirures esquilleuses indiquant une certaine plasticité.

4. De grandes dénudations ont démantelé et morcelé le terrain jurassique jusqu'à une distance assez considérable des anciens rivages, et enlevé des étages entiers sur de vastes surfaces. Ce qui le démontre, c'est non-seulement le retrait successif des étages jurassiques, qu'on ne saurait attribuer à un exhaussement progressif du rivage, puisqu'on n'observe aucune discordance, et qu'à leurs limites extrêmes les assises ont une épaisseur très considérable, mais encore le morcellement irrégulier des étages supérieurs et l'isolement complet de certains lambeaux.

5. Ces dénudations ont été la conséquence de l'émersion des rivages, et se sont manifestées peu de temps après, car elles précèdent l'apparition du terrain sidérolithique. En effet, ce terrain, qui s'est fait jour par des fissures et s'est élancé de l'intérieur du sol à la manière des geysers de l'Islande, attaquant et corrodant profondément les roches calcaires en contact, affleure sur tous les étages jurassiques, depuis l'oolithe inférieure jusqu'au kimméridien supérieur, et s'est répandu en bassins à tous les niveaux, recouvrant quelquefois plusieurs assises distinctes; ce qui ne serait pas arrivé si les éruptions n'avaient pu s'étendre sur des surfaces découvertes.

6. Des dénudations analogues se sont produites après le retrait de la mer néocomienne. Elles ont morcelé et isolé des lambeaux néocomiens plus ou moins considérables dans nos hautes vallées actuelles. Elles semblent postérieures aux premières dénudations, et consécutives à l'exhaussement des rivages néocomiens, car le terrain jurassique est intact et complet dans les régions situées à proximité, en avant de l'ancien littoral jurassique.

7. Vers le milieu de l'époque tertiaire, un affaissement s'est manifesté dans le Jura septentrional, et a reçu des dépôts lacustres; puis cet affaissement devenant plus considérable, la mer tertiaire a fait irruption dans les vallées bernoises et so-

leuroises, s'est répandu au nord de la chaîne jusqu'à Montbéliard, et a déposé les grès et les poudingues de la mollasse.

8 Antérieurement à ces phénomènes, beaucoup de chaînes du Jura septentrional s'étaient formées, relevant le terrain sidérolithique, avec lequel la mollasse est en stratification discordante et transgressive.

9. Rien n'indique que le terrain sidérolithique des environs de Montbéliard (où l'on ne trouve point de fossiles) soit contemporain de la formation tertiaire inférieure plutôt que de la formation crétacée, car il peut avoir surgi à tous les instants qui séparent les dénudations du littoral jurassique des mouvements du sol antérieurs à l'invasion de la mer tertiaire. Dans le Jura bernois, il paraît appartenir à l'époque tertiaire.

10. Un nouvel exhaussement a relevé les assises de la mollasse, et depuis cette époque rien ne fait supposer que des mouvements de quelque importance aient eu lieu dans notre sol.

11. Les dépôts diluviens à *Elephas primigenius* sont antérieurs au creusement de nos vallées d'érosion, au moins dans les environs de Montbéliard. Ce qui le prouve, c'est que la mollasse et les strates jurassiques sont ravinés en même temps que les charriages diluviens, et qu'il existe même certains lambeaux de mollasse recouverts de diluvium complétement isolés par les cours d'eau actuels.

Electrophysiologie. *Influence qu'exerce la polarisation dans les actions de l'électricité sur le système nerveux.* — La communication suivante, faite par M. Em. Fernet, professeur au lycée Saint-Louis, a trait à des expériences faites en commun avec M. le docteur Martin Magron.

Les expériences qui ont pour objet l'étude des actions exercées par l'électricité sur le système nerveux présentent, comme l'ont observé les physiologistes et les physiciens, un grand nombre de particularités singulières, et dont beaucoup sont restées jusqu'ici sans explications suffisantes. Dans les irrégularités auxquelles paraissent être soumises, en particulier, les actions exercées par les courants continus sur les nerfs, il serait important de distinguer la part d'influence qui appartient aux changements d'impressionnabilité des nerfs eux-mêmes et celle

qui appartient aux variations d'intensité du courant. C'est vers ce but spécial qu'ont été dirigées ces recherches ; nous indiquerons succinctement ici les premiers résultats obtenus : ils démontrent l'intervention d'une cause spéciale, la polarisation, qui a sur les intensités des courants une influence souvent considérable.

Afin de mesurer d'une manière précise les intensités des courants qui servent aux expériences, nous avons introduit dans le circuit un galvanomètre, qui en fait partie d'une manière permanente. Voici, en quelques mots, la disposition à laquelle nous nous sommes arrêtés. Une patte de grenouille détachée du tronc et dépouillée de sa peau ayant été placée sur une surface bien isolante, on soulève le nerf sciatique, on le coupe vers la partie supérieure de la cuisse, et on le fait reposer sur deux fils métalliques qui sont soutenus par des colonnes isolantes, ces fils servent d'électrodes au courant d'une pile très faible placée dans le voisinage et bien isolée elle-même : en l'un des points du circuit est placé un galvanomètre *à fils fins*, très sensible ; enfin, à la pile est annexé un commutateur qui permet d'intervertir à volonté le sens du courant, sans toucher à aucune des communications, et par suite sans modifier en aucune façon le circuit. La pile employée dans les expériences suivantes est un simple couple de Daniell, d'une intensité très faible.

L'expérience étant ainsi disposée, faisons passer à plusieurs reprises le courant, et toujours dans le même sens, par exemple de façon qu'il parcoure le nerf en allant de l'origine du membre vers son extrémité (c'est ce qu'on nomme d'ordinaire en physiologie un courant *descendant* ou *direct*). Nous verrons bientôt la contraction musculaire se produire seulement au moment où le courant sera établi : elle deviendra de moins en moins énergique, et finira, au bout d'un temps assez long, par être à peine sensible. Observons en même temps les déviations imprimées à l'aiguille du galvanomètre ; établissons, par exemple, trois fois le courant, en le laissant passer à chaque fois pendant un temps à peu près égal (3 minutes environ), et avec des intervalles de repos égaux (2 minutes), pour permettre à l'aiguille de revenir au zéro : nous obtien-

drons, dans ces trois expériences consécutives, les déviations

15° 6°,5 5°.

Donc, dans ce cas, la décroissance dans l'énergie des contractions musculaires n'est certainement pas due seulement à la diminution d'impressionnabilité du nerf, et il est permis de penser qu'elle tient *en très grande partie* à la perte d'intensité du courant.

Quelle est maintenant la cause de cet affaiblissement si rapide dans l'intensité du courant? On peut songer tout d'abord au desséchement du nerf, qui le rendrait moins conducteur : et en effet, quand on a soin de couvrir le nerf d'une petite couche d'huile, on observe une décroissance beaucoup moins rapide, surtout dans les premiers instants; mais c'est là une cause très peu importante, et il intervient ici une autre action physique, dont on constate immédiatement l'existence en faisant passer le courant en sens inverse. Si l'on répète les mêmes expériences avec ce nouveau courant, en renversant simplement le commutateur, et avec les mêmes intervalles de repos, on observe que les contractions musculaires deviennent immédiatement plus énergiques : elles ont lieu d'ailleurs à la rupture du circuit (le courant est *ascendant* ou *inverse*), mais leur énergie va encore en décroissant graduellement. Quant aux déviations du galvanomètre, elles sont

12°,5 10° 8°,5

Enfin, si l'on revient au courant primitif, en replaçant le commutateur comme dans les premières expériences, on observe que les commotions reprennent d'abord leur énergie, puis vont en décroissant : les déviations du galvanomètre sont de

8° 5°,5 4°,5

Ces trois séries d'expériences montrent : 1° qu'un courant passant à travers un nerf, toujours dans le même sens, perd rapidement de son intensité; 2° qu'un courant passant en sens inverse acquiert tout d'abord une intensité plus grande; 3° que le passage de ce dernier courant rend au premier une

partie de l'intensité qu'il avait perdue. — L'énergie des contractions est d'ailleurs toujours en rapport avec les intensités des courants qui les produisent, ce qui a fait souvent énoncer les propositions suivantes : le passage réitéré d'un courant, toujours dans le même sens, rend le nerf moins impressionnable à l'action de ce courant; le passage du courant en sens inverse le trouve d'abord plus impressionnable, et enfin le passage réitéré de ce dernier courant rend en partie au nerf son impressionnabilité pour le premier courant. D'après les expériences que nous venons de citer, il est impossible de ne pas attribuer, dans l'effet produit, une très grande part aux variations d'intensité du courant.

Reste enfin à indiquer la cause physique de ces variations d'intensité. Cette explication se présente d'une manière très simple si l'on admet qu'il s'effectue dans le nerf une polarisation semblable à celle que peuvent produire des courants d'une intensité plus grande. — Et d'abord, la disposition de notre expérience permet de rendre facilement manifeste l'existence d'une polarisation véritable. Après avoir fait passer quelque temps le courant dans le nerf, éliminons la pile du circuit, et remplaçons-la par un simple fil métallique : le galvanomètre nous indiquera une déviation de plusieurs degrés, accusant l'existence d'un courant inverse du courant de la pile qui aura précédé. En même temps, il se produira une contraction, d'autant plus énergique que cette expérience sera faite après le passage d'un courant plus intense et plus longtemps prolongé ; enfin, le moment auquel se produira la contraction musculaire sera *en rapport avec le sens* que le galvanomètre aura assigné à ce nouveau courant.—La polarisation, une fois produite dans le nerf, se conserve longtemps si on laisse le circuit ouvert après le passage du courant de la pile ; elle va en se détruisant successivement lorsque, après la suppression du courant polarisant, on ferme plusieurs fois le circuit avec un fil métallique, ou qu'on le laisse fermé d'une manière continue.

Cela posé, on est conduit à interpréter les phénomènes qui précèdent de la manière suivante : 1° si, par le passage réitéré d'un courant, toujours dans le même sens, on obtient

à la fois un courant décroissant et des contractions décroissantes, c'est en grande partie parce que ce courant donne lieu à une polarisation d'où résulte, dès que le circuit est fermé, un courant inverse de ce courant lui-même; 2° si le courant passant en sens inverse acquiert tout d'abord une intensite plus grande et produit des contractions plus énergiques, c'est en grande partie parce que la polarisation due au courant précédent produit un nouveau courant dont l'intensité s'ajoute à la sienne : mais ce courant de polarisation diminue bientôt lui-même d'intensité, en même temps que le courant de la pile produit une polarisation contraire; 3° enfin, si le passage du courant de la pile en sens inverse rend au premier courant une partie de l'intensité qu'il avait perdue et fait reparaître les contractions, c'est que la polarisation produite par ce courant inverse vient ajouter alors son effet à celui du courant de la pile.

Enfin lorsque, après avoir laissé passer un courant pendant un certain temps, on vient à l'interrompre, on observe le plus souvent des secousses convulsives dans les muscles auxquels se rend le nerf soumis à l'expérience ; ces secousses continuent à se produire pendant un intervalle d'autant plus long que le nerf a été lui-même plus longtemps soumis à l'influence du courant, et que le courant est plus énergique. Il ne peut y avoir ici aucune intervention d'action reflexe, puisque le résultat est le même soit qu'on opère sur le nerf encore adhérent au tronc, soit qu'on opère sur le nerf séparé du tronc. S'il est permis de hasarder une explication de ce phénomène, au point où en sont nos connaissances sur ce sujet, on pourra attribuer ces secousses à une destruction successive de la polarisation, s'effectuant entre les parties mêmes du nerf, et donnant naissance à des courants qui produisent des contractions chaque fois que leur intensité varie. — Ces contractions s'arrêtent immédiatement quand on fait passer de nouveau le courant de la pile dans le même sens : il se produit alors une nouvelle polarisation qui s'ajoute à la précédente et qui pourra donner naissance à des contractions plus fortes et plus durables, quand on supprimera de nouveau le courant.

Nous ferons remarquer en terminant que l'influence de la

polarisation peut devenir bien plus considérable encore, si l'on se contente de soulever le nerf soumis à l'expérience, sans le couper. Les phénomènes deviennent alors beaucoup plus complexes, et l'on observe souvent que les contractions n'ont plus aucun rapport avec ce qu'on aurait pu prévoir d'après les lois précédentes. Or il est facile de voir que, dans ce cas, outre le courant qui traverse le nerf en passant d'un pôle de la pile à l'autre, on doit tenir compte du courant dérivé qui traverse à la fois une partie nerveuse et une partie musculaire. Ce second courant peut acquérir, quand les pôles sont convenablement placés, une intensité plus grande que le premier, et par suite la polarisation à laquelle il donne naissance peut l'emporter sur celle qui se produit dans la portion interpolaire du nerf; c'est du reste ce que nous avons pu constater directement. Si l'on remarque enfin que le nerf et le muscle constituent toujours alors un circuit fermé, soit que le courant de la pile passe, soit qu'il soit interrompu, on concevra que les actions purement physiques exercées sur le nerf par les divers courants qui le traversent puissent offrir des variations assez nombreuses. Nos observations sur ce dernier point ne sont pas encore assez complètes pour que nous en puissions donner les résultats; tout nous porte à croire cependant que, ici encore, il sera possible d'attribuer à des changements dans le sens et l'intensité des courants une très grande partie des variations offertes par les phénomènes physiologiques.

Physiologie. *Loi qui préside à la fréquence des battements du cœur.* — M. le docteur Marey a communiqué aussi à la Société dans cette séance la note suivante.

Les battements du cœur sont réglés pour leur fréquence par l'état de contraction ou de relâchement des vaisseaux de la périphérie du corps.

Il y a dix ans environ que M. Cl. Bernard découvrit un fait de la plus haute importance: l'influence de certains nerfs sur les circulations locales. — Le grand sympathique tient sous sa dépendance la contraction des fines artérioles; la section de ce nerf en un point quelconque du corps relâche les vaisseaux de ce point, et le courant sanguin se précipite avec plus de rapi-

dité à travers ces voies élargies. La galvanisation du même nerf produit le résultat inverse en faisant contracter les vaisseaux.

Par des travaux plus récents sur les nerfs des glandes, le même auteur a montré que certains nerfs sont antagonistes du grand sympathique, c'est-à-dire semblent présider au relâchement des vaisseaux.

Ces expériences, répétées par tous les physiologistes modernes, ont été étendues à d'autres nerfs encore. Aujourd'hui des faits nombreux et bien établis montrent comment la circulation de chaque partie du corps peut être ralentie ou accélérée par des influences nerveuses locales, ce que l'ancienne médecine n'avait que vaguement soupçonné.

Tant que ces variations dans la facilité du passage du sang se bornent à des points de petite étendue, il en résulte peu de perturbations dans l'état circulatoire général; mais si le relâchement ou le resserrement des vaisseaux se produit dans un grand nombre de points à la fois, il s'ensuivra, de toute nécessité, un changement notable dans la tension artérielle. Cette tension n'est si grande dans les artères que par suite de l'étroitesse des petits vaisseaux qui retiennent le sang. Elle faiblira donc si les vaisseaux relâchés laissent le sang s'écouler facilement des artères dans les veines; elle augmentera quand les artérioles resserrées feront obstacle à cet écoulement.

Or, la tension artérielle qui presse sur les valvules sigmoïdes de l'aorte avec une force variable constitue l'obstacle, variable lui-même, que le cœur rencontre à chaque contraction.

Frappé de cette influence de la circulation périphérique sur les résistances que le cœur éprouve, nous avons cherché si cet organe ne serait pas soumis aux lois générales de la dynamique; si, pareil à tous les muscles dont l'action est facile à mesurer, le cœur n'exécuterait pas des mouvements d'autant plus lents et plus rares qu'il éprouve plus de résistance à accomplir chacun d'eux.

Cette prévision, que l'induction rendait très vraisemblable, s'est vérifiée par l'expérience, de sorte que de l'observation des faits nous avons pu déduire cette loi : *Plus le sang éprouve de résistance pour sortir des artères* (ce qui, en général, se tra-

duit par l'élévation de la tension artérielle), *moins le cœur exécute de mouvements en un temps donné.*

Les faits qui servent de base à cette déduction ont été publiés en détail (1); qu'il suffise de dire ici qu'en faisant varier la tension artérielle par des hémorragies ou des compressions d'artères, par certaines attitudes du corps entier ou des bras seulement, par des applications générales de chaleur ou de froid à la surface du corps, de manière à faire contracter ou relâcher les vaisseaux de la périphérie; que dans tous ces cas, disons-nous, les changements dans la tension du sang ont été accompagnés de variations de fréquence des battements du cœur, et cela dans le sens que la théorie faisait prévoir.

Tout porte à croire, vu la solidarité des mouvements des deux cœurs, que, sur le trajet de la circulation pulmonaire, des influences du même ordre peuvent faire varier la fréquence des battements.

Quelques faits nous avaient paru d'abord en contradiction avec la loi dynamique ci-dessus : ainsi les variations de fréquence du pouls dans les efforts violents de respiration. Nous avons reconnu depuis que, mieux interprétés, tous ces faits viennent fournir une confirmation de plus à cette loi.

Faut-il d'une manière absolue refuser au cœur toute *autonomie* et le considérer comme une sorte de moteur mécanique dépensant une force constante qui lui est assignée, tantôt sous forme de contractions faciles et conséquemment fréquentes et rapides, tantôt au contraire sous forme de contractions pénibles, et, par suite, plus rares et plus prolongées?

Nous croyons aujourd'hui que cette opinion est l'expression de la vérité dans la grande majorité des cas, quelque opposée qu'elle puisse être à certaines idées physiologiques et médicales.

Ces idées tendent à faire admettre une augmentation de toutes les *forces* circulatoires dans certains états, comme la fièvre proprement dite et cette fièvre factice qui suit une course prolongée; elles tendent à faire croire que certaines émotions agissent directement sur le cœur, accélèrent ou ralentissent

(1) *Gazette médicale de Paris*, 1860.

ses battements. C'est cet ordre de faits qu'il s'agit d'examiner.

Voyons d'abord les cas de fièvre.

De deux choses l'une : ou bien la puissance du cœur s'est accrue primitivement, et sous cette influence le sang, poussé avec force à travers les artères et leurs branches, se fraye son chemin avec plus de vitesse; ou bien, comme nous le croyons, les vaisseaux relâchés ouvrant au sang un écoulement facile, laissent le cœur exécuter plus librement et plus précipitamment ses systoles.

Il y a un critérium certain pour juger la question, c'est la mesure de la tension artérielle.

En effet, dans la première hypothèse, c'est un excès d'impulsion qui fait circuler le sang plus vite, la tension doit être accrue ; dans la seconde, on devra trouver la tension diminuée, puisque cette diminution même est la cause qui fait battre le cœur avec plus de vitesse.

Si l'on prend un cheval et qu'on adapte un manomètre à sa carotide de manière à évaluer exactement la pression moyenne du sang, puis qu'on fasse courir cet animal jusqu'à ce qu'il arrive haletant et présentant tous les phénomènes de l'excitation circulatoire, on voit que le manomètre appliqué après la course indique un abaissement de la tension artérielle. Cet effet s'explique par ce qu'on sait de l'influence qu'exerce sur la circulation la contraction du cœur. Si, comme contre-épreuve, on laisse l'animal se reposer, on voit que la tension s'élève dans les artères, et en même temps le pouls devient plus rare.

L'accélération du pouls par l'exercice musculaire a donc sa cause en dehors du cœur... La fièvre réelle diffère-t-elle de cet état, qui n'a rien de morbide? Au point de vue de l'état de la tension artérielle, nous pouvons affirmer que la similitude est parfaite. — Notre appareil enregistreur du pouls permet, d'après la forme du tracé, de reconnaître l'état de la tension artérielle. Or, dans les cas de fièvre, nous avons toujours eu les caractères de la tension faible.

Restent ces émotions violentes, colère, frayeur et ces im-

fluences des sensations vives qui suspendent ou précipitent les battements du cœur.

Doit-on, dans ces circonstances, admettre qu'une action directe est portée au cœur par un de ces filets si nombreux et d'origine si diverses qui se rendent à cet organe? On peut soutenir cette opinion, sans doute, mais ne peut-on pas trouver une autre explication tout aussi naturelle?

La colère, la frayeur, la joie, toutes les émotions vives exercent une action directe sur la circulation périphérique; la rougeur et la pâleur de la face se produisent sous ces influences. Il est évident que ces effets ne dépendent pas d'un changement d'activité du cœur, puisqu'ils se bornent à certaines régions du corps. Les rougeurs et pâleurs de la face sont les résultats du relâchement et du resserrement des vaisseaux. Tout porte à croire que des phénomènes du même genre se passent dans des organes profonds où nous ne pouvons les constater. Chacun a éprouvé sous de pareilles influences des sensations subites du côté des vertèbres splanchniques; ces effets pourraient être de la même nature que ces congestions ou anémies passagères que nous pouvons observer du côté des téguments.

De tels changements dans la circulation périphérique, sous l'influence d'émotion morale, doivent entraîner des changements consécutifs dans les battements du cœur. Reste à savoir, à titre de contre-épreuve, si les congestions par cause morale s'accompagnent de fréquence plus grande des battements, et si la contraction des vaisseaux ralentit ces battements.

Sur ce point, l'expérimentation est impossible et l'observation difficile; nous ne voulons qu'attirer l'attention de ce côté.

Pour nous, il ne nous semble pas logique de faire une exception pour l'action qu'exercent les influences morales. Nous pensons qu'elles doivent se comporter comme toutes les autres.

De sorte qu'il n'y a pas, à notre connaissance, d'objections à cette idée que nous avons émise : que les rênes qui modèrent ou accélèrent les contractions du cœur ne sont autres que la contractilité des vaisseaux périphériques.

Séance du 20 juillet 1861.

Physique. *Électricité.* — M. Th. du Moncel, dans la note suivante, rend compte d'expériences qu'il a faites pour reconnaître les influences qu'exercent les dimensions relatives des plaques de communication avec le sol et la nature de leurs surfaces sur les courants engendrés par elles dans les circuits télégraphiques.

Dans une précédente communication, écrit-il, j'ai montré que si deux plaques d'un même métal oxydable étaient enterrées dans un terrain différemment humide et reliées entre elles par un fil isolé, il se produisait un courant allant de la plaque enterrée dans le terrain le plus sec à la plaque enterrée dans le terrain le plus humide. J'expliquais cet effet en disant que l'une des plaques s'oxydant alors plus que l'autre, l'une d'elles jouait le rôle de conducteur et prenait la polarité du sol, tandis que l'autre, en développant la force électromotrice, se constituait dans un état électropositif et fournissait conséquemment le pôle négatif. J'ajoutais que je croyais pourtant que dans la détermination de cet état électrique des deux plaques, d'autres causes devaient être en jeu (je ne parle pas, bien entendu, des courants étudiés par M. Becquerel), et cette croyance venait de la constance que j'avais remarquée dans le courant produit entre la conduite d'eau du quartier de Grenelle et la plaque que j'avais enterrée à l'extrémité opposée de ma ligne. Qu'un courant allant de la conduite d'eau à cette plaque se produisît au moment de l'enterrement de cette dernière dans un terrain fraîchement arrosé, il n'y avait là rien de surprenant. Mais que ce courant se soit toujours maintenu dans la même direction malgré le desséchement du terrain autour de la plaque enterrée, cela pouvait m'étonner, surtout en réfléchissant qu'une conduite d'eau, par cela même qu'elle conduit de l'eau, est en rapport avec un terrain mouillé. Il était donc évident pour moi qu'une autre cause était en jeu, et pour m'en rendre compte j'ai voulu m'assurer si les effets de polarisation résultant de l'oxydation des plaques enterrées, et qui jouent un si grand rôle dans les piles voltaïques et les transmissions électriques à travers le sol, ne gouvernaient pas

le phénomène. Dans cette idée, j'ai recherché si une grande plaque et une petite plaque de même métal oxydable, plongées dans l'eau, ne produisaient pas un courant allant de la grande plaque à la petite. J'ai fait l'expérience avec une plaque de zinc de 24 centimètres de longueur sur 15 de largeur et une petite bande du même métal (de 10 centimètres sur 1) détachée de la grande plaque, et j'ai effectivement trouvé un courant dirigé dans le sens indiqué plus haut. J'ai répété avec le même succès l'expérience en employant une plaque de tôle et une bande très étroite du même métal. Maintenant voici comment on peut expliquer le phénomène.

Sous l'influence du liquide qui mouille les plaques, celles-ci s'oxydent et tendent à créer dans le circuit deux courants de sens contraire qui pourraient se détruire s'ils prenaient naissance dans les mêmes conditions, mais qui doivent manifester l'un ou l'autre leur présence si ces conditions sont différentes. Or c'est précisément dans ce dernier cas que l'expérience est placée quand les plaques sont d'inégale surface ; car l'une est alors plus polarisée que l'autre, et, comme les forces électromotrices sont indépendantes de la grandeur des surfaces oxydables, les effets nuisibles de la polarisation se font alors au détriment du courant de la grande plaque et par suite à l'avantage du courant de la petite, qui devient dès lors prépondérant. D'après cette expérience, on peut donc conclure que, quoique plongeant dans un terrain également humide, deux plaques oxydables peuvent donner lieu à un courant tellurique si elles sont d'inégale surface.

Par un raisonnement analogue on pourrait démontrer que si deux plaques d'un même métal ont leur surface plus ou moins décapée, plus ou moins exposée à être oxydée, un courant pourra naître, et ce sera celle des deux plaques qui sera la plus attaquable qui fournira son courant au circuit. Cette circonstance explique pourquoi il est difficile de ne pas obtenir des courants avec des plaques de mêmes dimensions plongées dans l'eau ou dans un terrain humide ; car il est très difficile d'obtenir des plaques métalliques exactement dans les mêmes conditions ; pourtant j'y suis parvenu.

On peut juger de l'importance de cette réaction par l'expé-

rience suivante.—Si l'on prend deux lames de fer parfaitement décapées et qu'on les plonge ensemble dans un baquet rempli d'eau après les avoir reliées à une boussole, on ne remarque aucun courant, pas plus que quand on établit les communications avec la boussole après leur immersion. Mais si l'on plonge d'abord l'une des deux lames et qu'on lui laisse le temps de s'oxyder un peu, un courant très appréciable se manifeste au moment où l'on plonge la seconde lame, car celle-ci, n'ayant pas eu le temps de s'oxyder, ne joue alors le rôle que d'un conducteur qui prend la polarité du liquide; mais au bout de quelques instants l'oxydation de cette seconde lame s'effectue et le courant de la première se trouve détruit. Il arrive quelquefois même que la déviation de la boussole change de côté par suite de la polarisation de la première lame qui permet momentanément au courant de la seconde d'être prépondérant. On peut du reste alternativement renverser ces effets en changeant l'ordre d'immersion des plaques.

Ces différents effets peuvent expliquer facilement pourquoi la conduite d'eau du quartier de Grenelle a toujours joué dans mes expériences le rôle d'élément électronégatif, car, d'un côté, elle représente une plaque de grande surface par rapport aux plaques que j'avais enterrées, et, d'un autre côté, la matière bitumée dont on enduit les tuyaux de ce genre de conduites les rend moins susceptibles de s'oxyder que les lames de tôle.

En résumé, les courants dits telluriques qui sillonnent les lignes télégraphiques peuvent, avec des plaques de communication en métal oxydable, provenir de trois causes : 1° quand les deux plaques sont également décapées et de même surface, de la différence d'humidité des terrains dans lesquels elles sont enterrées; 2° quand le terrain est uniformément humide, de l'état plus ou moins oxydable de leurs surfaces; 3° quand cet état est le même pour les deux plaques, de la différence des dimensions de ces plaques; mais, dans tous les cas, c'est la lame la plus susceptible d'être oxydée et la moins polarisée qui constitue l'élément électronégatif. De la prédominance de l'une ou l'autre de ces causes par rapport aux

autres, de leur action conspirante ou discordante, résulte la direction du courant dit tellurique qui sillonne les lignes télégraphiques et son intensité plus ou moins grande.

Séance du 3 août 1861.

Géologie. *Métamorphisme.* — Voici le résumé d'une communication faite dans cette séance par M. Delesse.

Le métamorphisme duquel je me propose d'entretenir la Société, a dit M. Delesse, est le métamorphisme général ou normal de M. Élie de Beaumont. Il s'est produit sur une grande échelle. De plus il est caractérisé par un développement plus ou moins complet de la substance cristalline. Les substances qui le subissent passent de l'état amorphe à l'état cristallin; elles se combinent aussi entre elles, en sorte qu'elles donnent naissance à de nouveaux minéraux, qui peuvent d'ailleurs être extrêmement variés. Souvent même la roche se change complétement en un agrégat de cristaux. L'énergie de ce métamorphisme est en quelque sorte mesurée par le développement de la structure cristalline.

Comme toutes les roches qui entrent dans la composition de l'écorce terrestre ont pu être modifiées par le métamorphisme général, il fallait rechercher ce qu'elles étaient devenues. Dans cette étude, qui était assez délicate, j'ai procédé du simple au composé et j'ai examiné séparément les principales roches. Après avoir indiqué l'état sous lequel elles se présentent au moment de leur formation, j'ai passé en revue les modifications successives qu'elles avaient éprouvées à mesure que l'énergie du métamorphisme allait en croissant.

Roches anormales. — Les minerais métalliques sont bien distincts des roches dans lesquelles ils sont encaissés; par suite, il est assez facile d'y suivre les effets du métamorphisme. On peut très bien constater que ces minerais ont subi des modifications, soit dans leur structure, soit même dans leur composition minéralogique.

Ainsi, les hydroxydes de fer et de manganèse se changent fréquemment en oxydes anhydres, et donnent du fer oligiste, du fer oxydulé, de la braunite, de la haussmannite.

Quand le métamorphisme est très énergique, certains métaux peuvent encore s'unir aux divers éléments des roches qui leur sont associées et former notamment des combinaisons avec la silice. Par exemple, le fer, le manganèse, le zinc, le titane et même le chrome sont souvent métamorphosés en silicates et en hydrosilicates.

Tous ces métaux s'observent du reste dans la nature à l'état d'oxydes; de plus, ils forment des bases qui sont énergiques et qui, pour la plupart, ont une grande affinité pour la silice.

Quand les métaux sont combinés avec le soufre, l'arsenic, l'antimoine, ils résistent bien au métamorphisme; la pyrite de fer, la pyrite magnétique, les pyrites de cuivre, la galène, la blende, le cobalt gris, le nickel arsénical, se trouvent, en effet, dans les gîtes métamorphiques les mieux caractérisés. En outre, les métaux à l'état natif s'y rencontrent également.

Le métamorphisme, lors même qu'il était très énergique, a donc permis la cristallisation de métaux natifs, d'oxydes, de carbonates, de sulfures, d'arséniures, d'antimoniures, de silicates et, en un mot, des composés les plus divers.

Le métal considéré peut être encaissé dans des roches très variables, et leur nature exercera nécessairement de l'influence sur son métamorphisme. Cette influence sera surtout très grande lorsqu'il aura de l'affinité pour la silice, comme le fer, le manganèse, le zinc, le titane; car alors il donnera des bases puissantes; et, comme presque toutes les roches renferment de la silice, il produira des silicates quand le métamorphisme sera suffisamment énergique.

Lorsque, au contraire, le métal aura peu ou point d'affinité pour la silice, comme le platine, l'or, l'argent, le mercure, le plomb, l'uranium, l'étain, le tungstène, il restera généralement à l'état sous lequel il s'est formé d'abord dans chaque gîte métallifère.

Roches éruptives. — Si l'on suppose maintenant des roches éruptives soumises au métamorphisme général, elles éprouveront d'abord dans leur structure en grand les modifications qui sont communes à toutes les roches.

Lorsqu'elles seront volcaniques, comme le trachyte ou le trapp, elles perdront leurs caractères distinctifs, notamment

l'éclat vitreux et la structure celluleuse; alors le trachyte pourra se changer en granite, ou bien le trapp en diorite : par suite, les roches volcaniques se transformeront en roches plutoniques ayant la même composition chimique.

Lorsque les roches éruptives seront plutoniques comme le granite ou la diorite, elles pourront cristalliser de nouveau, mais, les circonstances qui ont présidé à leur formation se reproduisant dans le métamorphisme général, ces roches conserveront à peu près les mêmes caractères.

Roches stratifiées. — C'est surtout dans les roches stratifiées que le métamorphisme général se laisse facilement étudier.

Les combustibles, par exemple, présentent des caractères bien distincts. Suivant le degré de métamorphisme qu'ils ont subi, ils passent successivement à l'état de lignite, de houille, d'anthracite, de graphite.

Le gypse soumis au métamorphisme général prend la structure cristalline, s'il ne l'avait pas originairement : il ne se change pas nécessairement en anhydrite, mais il devient blanc et saccharoïde ; en même temps du mica magnésien peut s'y développer.

Le calcaire, lorsqu'il est amorphe ou compacte, prend une structure cristalline et se change en calcaire grenu ou saccharoïde; il passe même à l'état de marbre blanc. Des minéraux très variés, particulièrement des silicates, se forment en outre aux dépens des substances qui s'y trouvent mélangées.

La dolomie et la magnésite se comportent absolument comme le calcaire.

Quant au grès, il se change en quartzite ; ce dernier est d'ailleurs plus ou moins pénétré par du mica et par divers silicates.

Les roches argileuses ne cristallisent généralement pas comme le calcaire en donnant immédiatement un minéral défini ; mais lorsque leur structure devient cristalline, plusieurs minéraux sont susceptibles de se former. Comme leur composition est très complexe, il s'y développe même la plupart des minéraux qui entrent dans la composition de l'écorce terrestre. L'argile proprement dite pourra donner le schiste mâ-

clifère ; l'argile magnésienne donnera le schiste talqueux, serpentineux ou chlorité. La marne, particulièrement la marne magnésienne, se métamorphosera en pyroxénite, en grenatite, en épidotite.

Quant à l'argilite, qui diffère de l'argile en ce qu'elle renferme une proportion notable d'alcalis, elle peut se changer en schiste, en jaspe, en spilite, en schiste pétrosiliceux, en schiste feldspathique, en schiste amphibolique, en schiste micacé, en micaschiste et même en gneiss.

En général, la roche métamorphique qui est formée dépend de la composition originaire de la roche qui lui donne naissance, ainsi que de l'énergie du métamorphisme.

Au contact de deux roches soumises au métamorphisme, les éléments qui se trouvent en présence sont nécessairement très variés ; il est donc facile de comprendre que les réactions sont alors très complexes et que, par suite, le nombre des minéraux susceptibles de se développer peut devenir très grand.

Maintenant, les roches, particulièrement les roches stratifiées, renferment assez souvent de petites quantités de chlorures, de sulfates, de phosphates, de fluorures, de borates, et lorsqu'elles seront soumises au métamorphisme général, les minéraux contenant ces diverses substances tendront naturellement à se former. Ainsi le chlore entrera dans la sodalite et l'apatite ; le fluor dans le spath fluor, la topaze, l'apatite, la condrodite, le mica ; le soufre dans la pyrite, dans les sulfures, et dans le lapis lazuli ; le phosphore dans l'apatite et dans les phosphates ; et le bore dans la tourmaline et dans l'axinite.

— Chaque roche donne une série de dérivées qui représentent les divers degrés et en quelque sorte les étapes du métamorphisme ; elle prend des caractères nouveaux qui dépendent surtout de sa nature et de sa composition originaire. Sa densité et sa structure cristalline vont successivement en augmentant, tandis que l'eau et les matières bitumineuses tendent à diminuer. L'eau et l'acide carbonique se retrouvent d'ailleurs jusque dans les roches qui ont subi le métamorphisme le plus énergique.

Quand une roche a été métamorphosée, celles qui l'accompagnent le sont également. On pourrait nommer roches mé-

tamorphiques correspondantes celles qui se trouvent habituellement associées ; car elles représentent les effets d'un même métamorphisme sur des roches différentes.

Lorsque le métamorphisme est très énergique, les roches stratifiées peuvent passer aux roches plutoniques les mieux caractérisées. Ainsi, par exemple, dans les roches à base d'orthose, le gneiss passe insensiblement au granite, et dans les roches à bases d'anorthose le schiste hornblendé passe à la diorite. Les roches plutoniques se sont donc formées aux dépens des roches métamorphiques ; elles représentent le terme extrême du métamorphisme général ; elles sont l'effet et non pas la cause de ce métamorphisme.

Séance du 10 août 1861.

Ovologie. — Communication a été faite à la Société, dans cette séance, d'un mémoire *sur le mode de production des petits globes vitellins d'où provient le blastoderme chez les Mollusques et les Hirudinées*, par M Charles Robin.

Depuis longtemps divers auteurs avaient remarqué chez les Mollusques et chez quelques Annélides (Grube, 1844; Frey, 1845) la présence de cellules transparentes à côté des globes vitellins, peu de temps après le début de la segmentation. Ils avaient aussi observé qu'elles jouaient un rôle important dans la production du blastoderme, tandis que les globes vitellins, demeurant foncés, presque opaques, et qu'elles finissent par entourer en se multipliant, concourent plus particulièrement à la production des organes profonds.

M. Vogt, qui en 1846 a étudié avec soin sur les Actéons ces éléments sous le nom de sphères vitellines secondaires ou transparentes, ne pense pas qu'elles soient le résultat d'une scission partielle des grandes sphères vitellines, qui n'aurait séparé qu'un petit fragment du bord de ces dernières ; mais qu'elles proviennent d'une transsudation de la matière visqueuse du vitellus. M. Lacaze-Duthiers, qui les a observées chez le Dentale, croit pouvoir assurer qu'elles naissent par une sorte de bourgeonnement des globes vitellins et qu'elles se multiplient non par subdivision, mais par naissance d'une

nouvelle sphère venant se placer à côté de la précédente.

Des observations poursuivies sur un grand nombre d'œufs de Néphélis, d'*Hirudo*, de Glossiphonies, d'Ancyles, d'Hirudinées de deux espèces, de *Turbo mini* et de *Purpura lapillus*, m'ont permis, dit M. Ch. Robin, de constater que ces éléments embryonnaires importants naissent par gemmation.

Sous forme de prolongement conique de la substance visqueuse, tenace, transparente, des globes vitellins, entraînant une quantité plus ou moins considérable de leurs granules, cette gemmation est bientôt suivie, comme dans le cas de la production du globule polaire, d'un étranglement à la base du cône, avec segmentation transversale au niveau de ce rétrécissement et passage rapide à l'état sphérique. Tel est le mode de scission partielle d'après lequel une partie de la substance des premiers globules vitellins se sépare du reste de leur masse pour continuer à se segmenter à part d'après le mode plus simple de la segmentation ordinaire. La portion de substance qui se détache d'une manière analogue pour former les globules polaires reste, au contraire, improductive pendant toute la durée de l'évolution intra-ovulaire, et à peu près telle qu'elle a été produite.

Chez les Néphélis, une demi-heure environ après la production des quatre premiers gros globes vitellins, on voit deux d'entre eux s'allonger derrière les deux autres.

Ce prolongement est plus ou moins conique, et parfois il l'est fort peu ; dans le premier cas, il est un peu renflé vers le milieu, rétréci à son point de jonction avec les globes vitellins dont il provient. Dans le second, il est arrondi à son sommet, peu ou pas élargi à sa base. Au centre de cette partie allongée apparaît un noyau clair plus petit que le noyau du globe vitellin principal. Ce noyau se produit par séparation des granules vitellins de la substance amorphe visqueuse, mais non par segmentation du noyau principal. Après l'apparition de ce noyau, un sillon de segmentation se montre à la base du prolongement, qui le plus souvent s'étrangle préalablement à ce niveau d'une manière notable. Cette segmentation n'a pas toujours lieu sur tous les deux en même temps. La durée de ces phénomènes est de une demi-heure à une heure,

selon les œufs dont il s'agit. Ils portent à six le nombre des globes vitellins existant alors. Au moment où le sillon vient d'achever leur séparation, ils sont ovoïdes, mais ils prennent rapidement une forme sphérique en restant un peu aplatis vers leurs plans de contact. Ils sont à ce moment de 40 à 45 millièmes de millimètre, tandis que le plus petit des quatre autres est large d'environ 75 millièmes de millimètre, et les autres de 80 à 95 millièmes.

Les prolongements des globes vitellins se produisent à l'angle interne de ces corps, si l'on peut ainsi dire, c'est-à-dire vers une des extrémités de l'axe autour duquel se touchent les quatre globes vitellins, et non sur un point quelconque de leur périphérie. C'est, en outre, à l'endroit même où se sont produits les globules polaires qu'ils se produisent, et non sur la face opposée de la masse que représentent les quatre globes réunis; de telle sorte qu'ils soulèvent et repoussent en avant le globule polaire résultant de la fusion des autres. Toutefois ce fait ne peut être bien constaté en général que sur les œufs dans lesquels on a vu naître les globules et que l'on a peu remués ensuite, ou sur ceux que les manœuvres de la préparation n'ont pas comprimés; car, dans le cas contraire, souvent le globule polaire est déplacé, parce qu'il est mobile dans le liquide interposé à la membrane vitelline et aux globes vitellins.

Ces deux nouvelles cellules grandissent rapidement, pour continuer plus tard à se segmenter; mais, avant que ce fait ait lieu, on voit, trente à quarante minutes après leur séparation, que les mouvements de glissement des globes vitellins les uns sur les autres deviennent encore plus prononcés qu'auparavant. Il en résulte des dispositions très variées et incessamment changeantes, pour les quatre gros globes vitellins et les cellules qu'ils portent. En même temps l'un des deux derniers globes vitellins formés, qui n'avait pas encore donné naissance à une cellule, présente un prolongement conique, mousse. Enfin l'un des deux gros globes vitellins, qui avait déjà produit l'une des deux cellules précédentes, fournit encore un deuxième prolongement analogue à celui qu'il avait donné. Au bout de vingt-cinq à trente minutes ces saillies se rétrécissent un peu

à leur base, et un sillon de segmentation transversal les sépare en dix ou quinze minutes des globes vitellins dont elles proviennent. Elles constituent alors deux nouvelles cellules aplaties à leurs points de contact avec les gros globes vitellins et avec les deux premières formées, et ne restent arrondies que par la portion libre de leur surface. Leur forme varie du reste notablement selon que, par le glissement des globes vitellins les uns sur les autres, et d'elles-mêmes sur ceux-ci, elles sont enclavées entre eux, ou saillantes au-devant d'eux et vues soit de face soit de côté.

Des faits entièrement analogues aux précédents se constatent aussi chez les Clepsines. De une heure et demie à deux heures après l'achèvement de la segmentation du plus petit des deux premiers globes vitellins, c'est-à-dire quatre à six heures après le début de la segmentation, ou quinze à dix-sept heures après la ponte, deux grosses cellules claires commencent à se former. Elles naissent aussi par une sorte de gemmation des deux globes vitellins contigus au plus gros des quatre existant alors, c'est-à-dire par le troisième apparu d'abord aux dépens du plus gros, et par l'un de ceux qui résultent de la division en deux du plus petit des globes de première segmentation. Un prolongement mousse se produit à l'un des angles de la partie superficielle de chacun d'eux. Bientôt ces prolongements se resserrent un peu à la base, qui est en continuité de substance avec le reste du globe vitellin, et un sillon ou plan de segmentation achève la segmentation. Ce phénomène dure de trente à quarante-cinq minutes. On peut avant la séparation complète de ces prolongements constater qu'ils sont grisâtres, plus transparents que le reste du globe vitellin, avec lequel ils sont encore en continuité de substance, et pendant leur production apparaît une petite tache blanchâtre, à la lumière réfléchie, qu'on reconnaît plus tard dans les cellules dont elles sont les noyaux. Après leur séparation, elles deviennent sphériques et restent juxtaposées. Elles forment alors de grosses cellules grisâtres qui tranchent par leur demi-transparence sur les globes vitellins opaques, jaunâtres. Elles sont larges de $\frac{1}{10}$ de millimètre. Après leur séparation, celui des deux derniers globes vitellins formés qui, enclavé entre les deux au-

tres de même volume, n'avait pas encore donné naissance à une cellule, présente un prolongement conique, mousse, grisâtre, demi-transparent, semblable à ceux dont il vient d'être question. En outre, le petit globe vitellin qui, provenant du plus gros, s'était produit en premier lieu et a donné naissance à une des deux cellules précédentes, produit encore un deuxième prolongement analogue au premier, mais un peu plus petit et pourvu aussi d'une tache ou noyau blanchâtre. En dix ou quinze minutes, ces prolongements se rétrécissent à leur base et un sillon de segmentation les sépare rapidement des globes vitellins qui les ont produits. Ils forment alors deux cellules sphériques, un peu plus petites que les deux premières, mais de même aspect, légèrement contiguës entre elles et aux précédentes; pendant ce temps-là ces dernières se sont intimement juxtaposées et un peu aplaties par leurs faces contiguës; peu à peu les deux dernières formées s'appliquent également l'une contre l'autre et contre les premières, et ne restent arrondies que par la portion libre de leur surface.

Chez les Limnées, les Ancyles, les *Turbo*, les *Purpura* et autres Mollusques, trois quarts d'heure environ après la division du vitellus en quatre globes vitellins, les mouvements de glissement de ces derniers les uns sur les autres, qui avaient été jusque-là assez rapides, se ralentissent, sans cesser pourtant tout à fait. Il en est de même de l'espèce de gyration lente ou de rotation sur elle-même de toute la masse des globes vitellins, qui s'observe sur ces animaux, comme sur les Néphélis, et qui résulte probablement du glissement individuel des globes vitellins les uns sur les autres.

Les quatre globes vitellins juxtaposés sur un même plan forment une sorte de disque à quatre lobes, au centre de l'une des faces duquel se voient les deux globules polaires. Lorsque par suite des mouvements précédents ce disque se montre à l'observateur par l'un de ses côtés ou sous une faible inclinaison, l'on voit à ce moment les quatre globes vitellins à la fois présenter un épaississement ou protubérance à la partie de leur superficie la plus voisine de l'axe autour duquel ils se touchent, sur celle de leur face contre laquelle sont appliqués les globules polaires.

Toutefois on remarque toujours que sur deux des globes vitellins cette protubérance est moins prononcée que sur les deux autres, et toujours les phénomènes dont elle est le siége sont en retard de quelques minutes sur les uns par rapport aux autres. Ces protubérances, qui rendent les globes vitellins plus épais, mais plus étroits qu'ils n'étaient, et qui soulèvent les globules polaires, se prononcent de plus en plus et deviennent légèrement conoïdes. Elles sont aussi opaques que les premiers chez les Limnées, mais sont transparentes, peu granuleuses chez les Ancyles, les *Purpura*, les *Turbo*, etc., comme chez les Hirudinées. Bientôt elles se rétrécissent au niveau de leur continuité avec la substance des globes vitellins. Ce rétrécissement se prononce de plus en plus, leur donne une forme sphéroïdale, et bientôt un plan de segmentation achève de séparer leur substance de celle des globes vitellins; sur deux de ces derniers d'abord, et dix minutes environ plus tard, sur les deux autres.

Chez les Mollusques, une heure et demie à deux heures après l'achèvement de ces quatre grosses cellules ou petits globes vitellins, il en naît quatre autres semblables de la même manière. Mais les chez Hirudinées il ne s'en produit pas plus de quatre. Quant à leur multiplication ultérieure, on constate qu'elle a lieu chez les uns et les autres de ces animaux par segmentation proprement dite. Cette segmentation est annoncée quelques minutes d'avance par ce fait que les cellules qui s'étaient très exactement juxtaposées après leur naissance, deviennent saillantes deux par deux à la surface de la masse embryonnaire; bientôt après elles s'allongent un peu transversalement, puis se creusent d'un sillon circulaire médian, au fond duquel apparaît un plan de segmentation qui complète la division en cinq à six minutes. Chez les Mollusques, les quatre gros globes vitellins se segmentent ensuite, en présentant des particularités semblables à celles qui viennent d'être signalées, sur les plus petits qui proviennent de leur substance. Mais chez les Hirudinées il n'en est pas de même; un seul des quatre gros globes vitellins se segmente de la sorte et donne naissance aux cellules de la portion du blastoderme qui formera plus tard la paroi dorsale du corps, pendant que les

cellules claires nées par gemmation forment le blastoderme ventral. Le globe vitellin qui se segmente ainsi pour former le blastoderme dorsal est celui des quatre qui n'avait fourni aucune des cellules claires dont il a été question plus haut; quant aux trois autres qui ont produit celles-ci, ils sont bientôt enveloppés par le blastoderme pour concourir à la génération des cellules du foie chez les Glossiphonies, tandis que, chez les Néphélis et les *Hirudo*, ils se résorbent après que le foie s'est développé aux dépens de gouttes d'huiles particulières, sans qu'ils aient concouru en rien à la formation de cet organe.

Séance du 21 décembre 1861.

M. Laussedat a mis, dans cette séance, sous les yeux de la Société, un plan construit à l'aide de la photographie, selon la méthode qu'il a fait connaître dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences.

Ce plan, exécuté à l'échelle de $\frac{1}{5000}$ ou de 1 millimètre pour 5 mètres, représente un terrain accidenté des environs de Paris dont le nivellement a été également déduit des perspectives photographiées. Les points de vue, au nombre de dix, d'où ont été prises ces perspectives sont situés à 1000 mètres environ de la partie centrale du plan, et forment les sommets d'une base brisée ou d'un polygone qui enveloppe le terrain et qui a été levé par cheminement. La chambre obscure avait $0^m,50$ de distance focale. Au fur et à mesure que les épreuves étaient obtenues, elles étaient expédiées au bureau d'un dessinateur exercé à la pratique des levers, lequel opérait sur ces perspectives, comme il est fait sur le terrain, en se conformant aux règles données dans le mémoire de M. Laussedat. En comparant les distances évaluées par le plan ainsi construit avec celles que l'on mesurait directement sur le terrain, on a reconnu que les plus grandes différences s'élevaient à peine à 5 mètres, c'est-à-dire à 1 millimètre effectif. Les cotes de nivellement, dont la précision était très grande pour les points rapprochés des sommets du polygone, étaient encore obtenues à moins de $1^m,50$ près pour les points distants de 1000 à 1200 mètres.

Ces erreurs, déjà si faibles, peuvent être encore réduites; M. Laussedat, après avoir rappelé que le rôle du diaphragme placé devant l'objectif est d'atténuer les effets de l'aberration sphérique, surtout sous le rapport de la netteté, montre que les déformations des bords des épreuves n'empêchent pas d'obtenir des mesures angulaires exactes, tant que les images conservent une netteté suffisante. Il suffit, en effet, pour obtenir les angles corrigés de l'aberration, de substituer à la *ligne d'horizon*, sur laquelle on projetterait les différents points de passage, s'il n'y avait pas de déformation, une courbe d'erreur qui s'en écarte peu et dont le tracé facile reste le même pour un appareil à foyer constant dans lequel le diaphragme conserve aussi la même position.

M. Laussedat a terminé sa communication en appelant sur les résultats qu'il vient d'indiquer l'attention de tous les voyageurs photographes, dont les travaux sont appelés à rendre d'importants services à la géographie physique et à la topographie.

Zoologie. *Développement de l'*Astroïdes calycularis. — Voici le résumé d'une communication faite aussi dans cette séance par M. Lacaze-Duthiers.

Ne trouvant dans la science rien de relatif à la reproduction du corail, je dus chercher dans tout le groupe des Zoophytes coralliaires des données propres à m'éclairer. Pendant le temps que je passai au fort Génois, à quelques lieues de Bone, en commençant mes recherches, je rencontrai l'*Astroïdes* en si grande quantité, que je tentai d'en suivre le developpement.

Au mois de juin 1861, tous les polypes des polypiers que je détachais des rochers, renfermaient des embryons. Placés dans mes aquariums, ils me donnèrent des masses considérables de jeunes qui vécurent avec une grande facilité, se transformèrent sous mes yeux et formèrent dans les vases où je les plaçai, leurs petits polypiers.

Carolini avait observé ces embryons, mais il n'en avait pas suivi le développement comme je suis arrivé à le faire.

Ordinairement ovoïdes, ils s'allongent souvent pour prendre

la forme d'un ver. Ils nagent avec agilité à l'aide de cils vibratiles qui les couvrent. On les voit s'éviter quand ils se rencontrent en suivant les bords du vase qui les renferme. Ils montent et descendent, mais en avançant toujours à reculons. Leurs transformations se sont effectuées après un mois, un mois et demi de vie libre dans les eaux que je changeais avec soin. Ce qu'ils gagnent en largeur, ils le perdent en longueur, et, de vermiformes, ils deviennent discoïdes. L'extrémité buccale se trouve au centre du disque et comme rentrée. Puis le disque présente des stries au nombre d'abord de six et ensuite de douze. Alors, l'accroissement reprenant sa marche en longueur, et des tentacules se développant entre chaque strie, on arrive à une forme qui rappelle celle d'une petite Actinie. J'ai pu superposer, pour ainsi dire, le dessus d'un jeune Astroïde sur celui d'une jeune *Actina equina* : la couleur aurait pu seule le faire distinguer.

Les résultats que je viens d'obtenir pour les Astroïdes sont absolument semblables à ceux que l'observation des Actinies m'avait fournis il y a déjà longtemps, et, par cela même, ils acquièrent plus de valeur.

Le jeune Astroïde, nageant à reculons, a, par cela même, une tendance à s'accoler aux corps qu'il rencontre ; si bien que j'en ai vu quelquefois deux accolés base à base rester flottants dans l'eau. Lorsque le jeune animal a pris une forme que j'appellerai actinoïde, il commence à sécréter la matière calcaire qui formera son polypier. Dans son intérieur, pendant que les modifications extérieures se produisent, une cavité se creuse et se partage en compartiments incomplets par la formation de ces replis bien connus des naturalistes sous le nom de replis intestiniformes. Dans l'épaisseur des tissus du corps on voit de petits noyaux de teinte et d'apparence calcaire, faisant effervescence avec les acides qui, s'accumulant en lignes, se multipliant et se soudant, forment bientôt un rayon solide de polypiers. La partie du corps en contact avec les objets sur lesquels s'est attaché le jeune polype se calcifie et le dépôt calcaire qui remplace la matière animale en s'étendant fait disparaître les tissus et se soude aux rayons déjà formés.

Séance du 28 décembre 1861.

Minéralogie. *Analyses de quelques minéraux de la famille des wernerites.* — Communication de la note suivante a été faite par M. A. Damour dans cette séance.

On a désigné sous le nom générique de *wernerite*, en l'honneur de l'illustre Werner, l'un des fondateurs de la géologie, des substances minérales essentiellement composées de silice, d'alumine, de chaux et de soude, et qui cristallisent en prismes à base carrée. Ces minéraux, particuliers aux terrains de cristallisation et qui entrent dans la composition de certaines roches, en plusieurs localités de la Norwége, de la Finlande et des États-Unis, ont été décrits, dans les traités de minéralogie, sous des noms très divers. On peut citer notamment ceux de : *arendalite*, *athériasttle*, *ékebergite*, *paranthine*, *skapolite*, *schmelzstein*, *tetraklasite;* on y a également rattaché deux autres espèces connues sous les noms de *dipyre* et de *meïonite*. Si l'on ne tient compte que des propriétés physiques qui caractérisent ces substances minérales, on est porté à les confondre toutes en une seule et même espèce ; elles ont en effet même forme cristalline, mêmes caractères optiques, une dureté à peu près égale, et une densité exprimée par des nombres très rapprochés. Mais si l'on compare entre elles les nombreuses analyses qui en ont été faites par d'habiles chimistes, on trouve de notables différences dans les rapports entre la silice et les autres éléments qui les constituent. En effet, l'oxygène des bases chaux et soude réunies, mis en regard de l'oxygène de l'alumine, donne le rapport très approché de 1 : 2; tandis que, comparé à l'oxygène de la silice, ce rapport s'élève depuis 1 : 3 jusqu'à 1 : 6. On remarque également que les quantités de silice varient notablement dans ces substances, en oscillant entre 40 et 60 p. 100, bien que la forme cristalline et les propriétés optiques restent les mêmes. Pour expliquer des différences si variables dans les proportions de la silice, on pourrait présumer que ces minéraux, qui se montrent habituellement dépourvus de transparence, renferment divers mélanges de matières accidentellement engagées dans leur masse; et c'est pour vérifier cette hypothèse

que j'ai entrepris de faire quelques analyses sur des échantillons qui présentaient, autant que possible, les caractères de transparence et de netteté de formes. Mes recherches ont porté : 1° sur la *meïonite* de la Somma; 2° sur une paranthine en petits cristaux à peu près transparents et incolores d'Arendal en Norwége; 3° sur le dipyre incolore recueilli à Pouzac, dans les Pyrénées, par M. Des Cloizeaux.

La méthode que j'ai suivie dans ces analyses est celle que M. H. Deville a fait connaître pour déterminer la composition des silicates. La paranthine et le dipyre ont été fondus avec une quantité déterminée de chaux. Le produit de la fusion a été ensuite attaqué par l'acide nitrique, et l'analyse continuée suivant la méthode indiquée. La meïonite étant décomposable par les acides, je l'ai traitée directement par l'acide nitrique, sans fusion préalable avec de la chaux.

Lorsqu'on soumet ces matières à une forte calcination, elles fondent en émail et subissent une perte de poids qui s'élève jusqu'à 3 p. 100. Ayant cherché à condenser dans un tube de verre les produits volatils, j'ai recueilli environ $\frac{1}{2}$ p. 100 d'eau. Cette eau a montré parfois une réaction acide due en partie à la présence de l'acide sulfureux, qui paraît provenir de la décomposition de pyrites de fer disséminées dans la matière employée. Le surplus de la perte peut être attribué à la décomposition de fluorures ou de carbonates contenus dans ces minéraux qui se trouvent fréquemment associés à du carbonate de chaux.

Voici le résultat des analyses :

Méïonite de la Somma.

Densité : 2,73.		Oxygène.		Rapport.
Silice	0,4180		0,2170	3
Alumine	0,3040		0,1421	2
Chaux	0,1900	0,0540	0,0636	1
Magnésie	0,0046	0,0018		
Soude	0,0251	0,0064		
Potasse	0,0086	0,0014		
Matières volatiles	0,0317			
Partie inattaquée	0,0046			
	0,9866			

Ces résultats concordent avec ceux des anciennes analyses de Gmelin, Stromeyer et Wolff, en donnant les rapports approchés de 1 : 2 : 3. La formule de la méïonite serait donc : $(\dot{Ca},\dot{Na},\dot{K})^3\dddot{Al}^2,\dddot{Si}^3$. A cette espèce on pourrait rapporter la skapolite de Pargos et d'Ersby, analysée par Nordenskiold, et la strogonowite de Sudlanker en Daourie, par M. Hermann.

Paranthine d'Arendal.

Densité : 2,68.			Oxygène.	Rapport.
Silice	0,5030		0,2611	4
Alumine	0,2508		0,1172	2
Chaux	0,1408	0,0400	0,0570	1
Soude	0,0598	0,0153		
Potasse	0,0101	0,0017		
Matières volatiles	0,0325			
	0,9970			

La formule de cette espèce serait : $(\dot{Ca}, \dot{Na}, \dot{K})^3\dddot{Al}^2, \dddot{Si}^4$. Un grand nombre d'échantillons de diverses provenances et analysés par MM. Bergemann, Hartwell, Hermann, Rath, Suckow et Wolff peuvent s'y rattacher.

Dipyre de Pouzac (Ariége).

Densité : 2,65	Oxygène.			Rapport.
Silice	0,5622		0,2919	6
Alumine	0,2305		0,1077	2
Chaux	0,0944	0,0268	0,0480	1
Soude	0,0768	0,0197		
Potasse	0,0090	0,0015		
Magnésie	(traces)			
Matières volatiles	0,0241			
	0,9970			

Cette analyse, qui s'accorde avec celle que M. Delesse a faite en 1844 sur le même minéral, est représentée par la formule :

$(\dot{Ca}, \dot{Na}, \dot{K})^3\dddot{Al}^2, \dddot{Si}^6$.

On peut rattacher à cette espèce une *skapolite* d'Arendal, analysée par M. Rath, et une autre provenant de Sjösa en Suède, dont la composition a été déterminée par Berzelius.

D'après plusieurs analyses, exécutées par M. Hermann et par M. Rath, sur des minéraux de la même famille, provenant de Bolton et de l'État de New-York, il paraît probable qu'il existe encore une autre espèce ayant pour formule :

$(\dot{Ca}, \dot{Na}, \dot{K})^3 \dddot{Al}^2, \dddot{Si}^5$.

On a pu remarquer que, dans ces matières, comme dans les feldspaths, la densité diminue en raison directe de la proportion de silice qui s'y trouve combinée.

Si l'on considère que ces quatre espèces, qui se distinguent entre elles par les proportions de la silice, peuvent se mélanger avec d'autant plus de facilité qu'elles dérivent toutes d'une même forme cristalline, on trouvera une explication assez naturelle de la diversité observée dans les résultats des analyses faites à différentes époques par des chimistes exercés.

D'après ce qui précède, les minéraux que je viens de désigner me semblent, comme les feldspaths, devoir constituer une famille qui, conservant le nom de wernerite, comprendrait quatre espèces différenciées par les proportions de leurs principes constituants : ces espèces seraient :

1° La méïonite	$(\dot{Ca},\dot{Na},\dot{K})^3\dddot{Al}^2, \dddot{Si}^3$
2° La paranthine	$(\dot{Ca},\dot{Na},\dot{K})^3\dddot{Al}^2,\dddot{Si}^4$
3° La skapolite	$(\dot{Ca},\dot{Na},\dot{K})^3\dddot{Al}^2,\dddot{Si}^5$
4° Le dipyre	$(\dot{Ca},\dot{Na},\dot{K})^3\dddot{Al}^2,\dddot{Si}^6$.

Paris. — Typ. de Cosson et Comp., rue du Four-Saint-Germain, 43.

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. GUILLAUME WERTHEIM

Membre de la Société philomathique de Paris

Rédigée sur la demande de la Société

PAR M. VERDET.

Les travaux scientifiques de M. Guillaume Wertheim ne forment pas moins de vingt-six mémoires ou notes, insérés de 1842 à 1861 dans les Annales de Chimie et de Physique ou dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences (1). Il y faut joindre une thèse de médecine publiée à Vienne en 1839, une thèse de chimie présentée en 1851 à la Faculté des sciences de Paris, un mémoire sur les propriétés mécaniques du bois, imprimé à part en 1846, et deux mémoires inédits : le premier, relatif à la capillarité; le second, à la compressibilité des solides.

Presque tous ces travaux ont directement ou indirectement pour objet l'étude des modifications qu'éprouvent les corps pondérables et spécialement les corps solides sous l'influence des forces mécaniques. Le mérite qu'il est le plus facile d'y apprécier consiste dans la précision et la nouveauté des méthodes expérimentales. Sans entrer à ce sujet dans des détails peu compatibles avec les limites et le caractère de cette notice, il nous suffira de citer, à titre d'exemples connus de tous les physiciens, les précautions minutieuses et efficaces introduites par M. Wertheim dans la détermination des coefficients d'élasticité, ses procédés pour mesurer la vitesse du son dans les gaz et dans les

(1) On en trouvera la liste complète à la fin de cette notice.

liquides, la disposition de son appareil pour l'étude de la torsion, et la construction de son dynamomètre optique, et de rappeler combien il s'est toujours préoccupé d'étendre ses recherches au plus grand nombre possible de substances, même à celles qui semblaient opposer d'invincibles difficultés à toute expérience. Mais cette poursuite constante de la précision a eu un but qui n'est pas la précision elle-même et d'où elle tire tout son prix. M. Wertheim ne s'est point attaché à une imitation mal entendue de quelques célèbres travaux contemporains; il n'a pas voulu mesurer avec une vaine exactitude des coefficients numériques, indépendants entre eux et variables d'un échantillon à l'autre du même corps, comme tous les coefficients relatifs aux corps solides, il a voulu soumettre à l'épreuve de l'expérience les relations que les théories de l'élasticité établissent entre les diverses propriétés mécaniques d'un même corps. Il est fort indifférent à une telle recherche que toutes les propriétés mécaniques d'une verge de cuivre, par exemple, diffèrent sensiblement de celles d'une autre verge de cuivre, mais il est évidemment indispensable de mesurer avec la plus grande précision chacune des propriétés d'une verge déterminée, si l'on veut que leur comparaison soit utile au perfectionnement de la théorie. Si ce point de vue n'est pas indiqué explicitement dans les premiers mémoires de M. Wertheim sur l'élasticité et la cohésion des métaux et des alliages, il ressort avec évidence aux yeux de quiconque considère ces premiers travaux dans leur rapport avec les recherches qui les ont suivis. On voit, en effet, que ces verges métalliques, dont il avait mesuré en premier lieu avec tant de soin le coefficient d'allongement, étaient devenues pour lui comme des *individus* sur chacun desquels il éprouvait la valeur des diverses théories; à l'étude des phénomènes de l'allongement succédait celle des vibrations de toute nature, plus tard celle de la torsion, celle de la flexion, en un mot celle de tous les phénomènes dont la connaissance pouvait l'aider à accomplir le dessein général qu'il avait en vue.

Quelques développements historiques sont nécessaires pour faire comprendre quel était ce dessein.

Étant donné un corps solide parvenu à un état invariable sous l'action d'un système quelconque de forces, déterminer tous les changements, tant intérieurs qu'extérieurs, qui auront lieu dans l'état de ce corps si le système des forces vient à changer ? Tel est le problème général dont la solution constitue ce qu'on a appelé la *théorie de l'élasticité*. Il s'en faut bien que la question ait été d'abord comprise dans toute son étendue. On s'est longtemps borné à étudier expérimentalement quelques cas particuliers très simples, à chercher pour les lois découvertes dans ces cas particuliers des explications plus particulières encore, ou même à déterminer quelques-unes de ces formules empiriques qui, malgré une utilité pratique incontestable, ne sont d'aucun secours et ne font faire aucun progrès à la véritable science. Le premier qui ait envisagé dans toute sa généralité le problème de l'équilibre et du mou-

vement intérieur des corps élastiques, et qui ait essayé d'écarter de la théorie toute hypothèse restrictive, autre que celle de la petitesse des déplacements relatifs, est Navier, dont l'important mémoire a été lu à l'Académie des sciences le 14 mai 1821 (1). Ce travail a été bientôt suivi de deux travaux considérables, fondés sur les mêmes principes, dus à Poisson (2) et à MM. Lamé et Clapeyron (3), et enfin, durant les années 1828 et 1829, Cauchy, dans ses Exercices de mathématiques, Poisson, dans son mémoire inséré au XXe cahier du Journal de l'École polytechnique, ont établi les fondements définitifs de la théorie.

Le progrès dû aux efforts de ces éminents géomètres a principalement consisté, comme tous les progrès de la vraie physique mathématique, à poser dans des termes précis les questions dont la solution doit nécessairement se demander à l'expérience, et à les distinguer de celles qui peuvent se traiter uniquement par le calcul dès que les premières sont résolues. Une voie nouvelle et féconde a été ainsi ouverte aux expérimentateurs. M. Wertheim a eu le mérite d'y entrer un des premiers, et son principal titre scientifique est de s'y être avancé assez loin pour écarter définitivement de la sciencela conception restreinte et hypothétique qui se trouvait à la base de tous les travaux antérieurs aux mémoires de Cauchy. Navier, Poisson, dans son premier mémoire, MM. Lamé et Clapeyron, avaient adopté sur le mode d'action des forces moléculaires une hypothèse particulière que ne justifiaient pas suffisamment les faits expérimentaux sur lesquels ils l'appuyaient(4). Ils étaient ainsi arrivés à faire dépendre toutes les propriétés mécaniques des corps solides d'une constante unique, le coefficient d'élasticité déterminé par la mesure des allongements, et à établir pour un grand nombre de cas les relations qui exprimaient cette dépendance. Une expérience de M. Cagniard-Latour sur le rapport qui existe entre l'accroissement de longueur et la diminution de diamètre d'un fil soumis à une traction longitudinale, qui paraissait confirmer une conséquence remarquable de cette théorie, avait été acceptée par tous les physiciens comme une justification complète de l'hypothèse fondamentale. M. Wertheim, ne s'arrêtant pas devant cet assentiment universel, a montré, par une discussion exacte, que le phénomène observé par M. Cagniard-Latour était trop petit et les moyens de mesure trop peu délicats pour autoriser une conclusion quelconque. Soumettant à la même épreuve une verge de caoutchouc, c'est-à-dire un corps où les défor-

(1) Mémoires de l'Académie des sciences, t. VII.

(2) Ibid., t. VIII, pages 357 et 623.

(3) Mémoires des Savants étrangers, t. IV, page 463.

(4) Dans ses Leçons sur la théorie de l'élasticité publiées en 1852, M. Lamé, abandonnant son hypothèse primitive, a adopté les principes de la théorie rigoureuse.

mations élastiques sont si grandes qu'il suffit d'un compas d'épaisseur et d'une règle divisée pour les mesurer, il a obtenu des résultats bien peu conformes à ceux de M. Cagniard-Latour, et, par conséquent, bien peu favorables à la théorie admise. Sous l'influence d'une traction longitudinale la verge s'est allongée et son diamètre a diminué, mais le rapport de la contraction transversale au diamètre primitif a été peu différent du tiers du rapport de l'allongement à la longueur primitive, au moins tant que l'allongement n'a pas été très considérable. Suivant l'ancienne théorie et suivant M. Cagniard-Latour, le premier rapport aurait dû être le quart du second. Satisfait d'avoir ainsi montré la faiblesse des preuves expérimentales données à l'appui de l'ancienne théorie, M. Wertheim a abandonné un genre d'expériences qui ne lui a pas paru susceptible d'une précision suffisante, pour s'attacher à l'étude d'un phénomène identique au fond avec le phénomène observé par M. Cagniard-Latour, mais qui comporte des mesures d'une exactitude bien supérieure. Si, au lieu d'un fil métallique, on soumet un cylindre creux à une traction longitudinale, toutes les théories indiquent, et il paraît d'ailleurs assez évident de soi-même que son diamètre intérieur variera comme varierait le diamètre d'un cylindre plein qui remplirait dans son état naturel la capacité primitive du cylindre creux et qu'on allongerait de la même quantité. La mesure simultanée de l'accroissement de longueur et du changement de capacité intérieure donnera tous les éléments nécessaires au calcul de ce rétrécissement transversal. On pourra mesurer l'allongement par les procédés ordinaires; si, d'ailleurs, on termine le cylindre à sa partie supérieure par un tube capillaire qui demeure en dehors des tractions, il suffira de le remplir d'eau à peu près jusqu'au sommet du tube capillaire, et de mesurer les variations de niveau de ce liquide pour déterminer les changements de capacité avec une exactitude qui n'aura d'autres limites que celles du rapport qu'on peut établir entre les sections intérieures du cylindre et du tube. Des expériences très nombreuses et très concordantes, exécutées par cette méthode, ont montré à M. Wertheim que le rapport du coefficient de contraction transversale au coefficient d'allongement est, au moins pour le laiton et pour le cristal comme pour le caoutchouc, beaucoup plus voisin de $\frac{1}{3}$ que de $\frac{1}{4}$. Pour trois cylindres de laiton différents, les valeurs de ce rapport ont été :

	0,3395
	0,3453
	0,3423
Moyenne,	0,3424

Pour quatre tubes en cristal, elles ont été :

V

0,3200
0,3510
0,3124
0,3369

Moyenne, 0,3333 (1).

Les arguments déduits de l'expérience de M. Cagniard-Latour en faveur de l'ancienne théorie ne peuvent subsister devant ces nombres. Toutefois, pour établir définitivement l'insuffisance de cette théorie, on ne pouvait se contenter d'une seule série d'expériences. Une grande variété d'observations concordantes est, dans les recherches de ce genre, le seul moyen d'écarter les objections qu'on peut toujours adresser à toute expérience prise à part, par suite du défaut possible d'homogénéité des corps sur lesquels on opère. Aussi M. Wertheim s'est-il préoccupé d'étudier tous les phénomènes qui lui ont paru comporter des mesures exactes et se rattacher d'une manière quelconque à la question.

La compressibilité cubique des corps solides a attiré son attention en premier lieu. Le mémoire de M. Regnault sur la compressibilité des liquides contenait sur ce sujet quelques données précieuses. Les compressibilités cubiques du cuivre, du laiton et du verre, calculées en appliquant les formules de l'ancienne théorie aux expériences de M. Regnault sur des piézomètres sphériques ou cylindriques, ne s'accordaient en aucune façon avec les compressibilités que la même théorie aurait déduites des allongements de ces trois substances mesurés par M. Wertheim. La différence excédant beaucoup celle qui pouvait résulter d'une différence de propriétés physiques entre deux échantillons d'un même corps, il n'était possible de la rapporter qu'à une inexactitude de l'ancienne théorie. M. Wertheim a fait voir qu'on ne devait conserver aucun doute à ce sujet, le désaccord signalé ayant disparu lorsqu'il a modifié les formules de calcul en tenant compte des résultats de ses expériences sur les cylindres creux de laiton et de cristal.

La comparaison des vibrations longitudinales et des vibrations tournantes des verges à section circulaire ou carrée a fourni un nouvel argument à M. Wertheim. Suivant une formule établie par Poisson, les nombres de vibrations correspondant aux sons fondamentaux de ces deux espèces auraient l'un avec l'autre, dans les verges à section circulaire, un rapport incommensurable dont l'expression approchée est 1,581 ; en tenant compte d'une correction indiquée par M. Barré de Saint-Venant, les formules de Poisson donneraient pour valeur approchée du même rapport, dans

(1) Mémoire sur l'equilibre des corps solides homogènes (Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. XXIII).

le cas des verges à section carrée, 1,776. M. Wertheim a trouvé par l'expérience les valeurs suivantes dans le cas des verges à section circulaire :

Acier fondu.	1,636
Fer.	1,635
Laiton.	1,621

et dans le cas des verges à section carrée :

Fer.	1,692
Verre	1,686
Cristal.	1,685

Cette contradiction n'a fait d'ailleurs que reproduire sous une autre forme une contradiction qui n'avait pas échappé à l'attention des physiciens, celle qui existe entre les deux séries de coefficients d'élasticité qu'on déduit par les anciennes formules des expériences sur la torsion, et des expériences sur l'allongement (1).

Des expériences directes sur la torsion des cylindres de cuivre ou de laiton ont donné un résultat tout semblable. Les angles de torsion, calculés au moyen des anciennes formules et des coefficients d'élasticité fournis par les expériences sur l'allongement, ont toujours été inférieurs aux angles réels d'un quinzième ou d'un seizième de leur valeur absolue. Le mémoire où ce point important est établi contient, en outre, un grand nombre d'expériences intéressantes sur la torsion, parmi lesquelles nous citerons particulièrement l'observation d'une diminution de volume qui accompagne toujours la torsion, et qui paraît proportionnelle à la longueur de la verge et au carré de l'angle de torsion. C'est en tordant des cylindres creux que M. Wertheim a découvert et mesuré le phénomène (2).

Il paraît que l'étude de la flexion avait conduit M. Wertheim à des conclusions analogues. Malheureusement l'état où il a laissé ses journaux d'expériences ne permet pas d'espérer la restitution intégrale du mémoire qu'il préparait sur ce sujet. Suivant toute apparence il ne pourra guère être publié qu'un résumé des expériences qui constatent et mesurent le changement de volume dont la flexion est accompagnée, et qui prouvent que dans une verge à section rectangulaire ce changement n'est pas le même suivant que la flexion est parallèle au plus grand ou au plus petit côté de la section.

Une seule des recherches entreprises par M. Wertheim, l'étude des vibrations des plaques circulaires, est demeurée à peu près sans résultats. Une différence s'est bien montrée entre les lois des harmoniques déduites de l'ancienne théorie et les lois expérimentales, mais le désaccord n'a pas excédé les limites où il peut être expliqué par la différence qui existe nécessaire-

(1) Note sur les vibrations tournantes des verges homogènes (Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. XXV). — Note sur la torsion des verges (Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. XXVIII).

(2) Mémoire sur la torsion (Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. L).

ment entre les conditions idéales et les conditions réelles d'une expérience quelconque (1).

M. Wertheim ne s'est pas contenté d'avoir démontré la nécessité d'abandonner l'ancienne théorie pour la théorie rigoureuse dont Cauchy est l'auteur principal. Il a essayé de déterminer ce que cette théorie laisse nécessairement indéterminé et de donner ainsi une base définitive à la science. Lorsqu'en effet on procède à la recherche des équations de l'équilibre et du mouvement intérieurs des solides homogènes *isotropes* (2), sans faire d'autre hypothèse que l'hypothèse nécessaire de la proportionnalité entre les forces moléculaires développées par des déplacements relatifs infiniment petits et ces déplacements eux-mêmes, on est obligé d'introduire dans ces équations deux constantes définies par des considérations qui les laissent absolument indépendantes l'une de l'autre. Qu'on imagine un solide homogène isotrope, qui passe de l'état naturel, où il n'est soumis qu'à une pression uniforme sur toute sa surface, à un état très-peu différent ; les pressions, qui, dans le premier état, agissent sur les divers éléments plans qu'on peut concevoir dans l'intérieur du corps solide, subissent des changements de grandeur et de direction qu'on peut représenter en admettant qu'aux pressions primitives se superposent de nouvelles pressions, fonctions des très-petits déplacements relatifs qu'éprouvent les divers points du corps en passant du premier état au deuxième. Ces nouvelles pressions sont, en général, obliques aux éléments sur lesquels elles s'exercent, mais on démontre qu'en chaque point du solide il existe trois directions rectangulaires telles que les éléments perpendiculaires à ces directions supportent des pressions normales, et que la connaissance de ces trois pressions, dites *pressions principales*, suffit à la détermination de toutes les autres. Enfin chacune des pressions principales est la somme de deux termes, dont l'un est proportionnel à la dilatation linéaire parallèle à la pression, l'autre à la dilatation cubique qui résulte, au point considéré, du changement d'état intérieur du corps solide. Les coefficients distincts par lesquels s'exprime cette double proportionnalité sont les deux constantes de la théorie. Si on suppose le premier double du second, on retombe sur les anciennes formules de Navier, mais on n'a aucune raison d'établir entre eux une relation quelconque, tant qu'on ne fait aucune hypothèse sur la constitution des corps et la loi des forces moléculaires (3).

(1) Mémoire sur les vibrations des plaques circulaires (Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. XXXI).

(2) On donne ce nom aux corps dans lesquels l'élasticité est la même suivant toutes les directions.

(3) Il faut dans tout ce paragraphe considérer le mot *pression* comme

C'est cette relation que M. Wertheim a cru quelque temps avoir découverte. La simplicité du rapport que ses expériences avaient établi entre la dilatation longitudinale et la contraction transversale d'un cylindre de cristal, de laiton ou de caoutchouc, tiré dans le sens de sa longueur lui a paru le caractère assuré d'une loi physique générale. Admettant donc que dans tous les corps isotropes le coefficient d'allongement fût triple du coefficient de contraction transversale, il n'a pas eu de difficulté à en déduire *rigoureusement* que les deux constantes de la théorie devaient être égales entre elles, et il a ensuite essayé de faire voir, par de nombreuses expériences, que la simplification introduite dans les formules générales par cette égalité supposée était, dans tous les cas, conforme à la réalité. Mais cette partie de ses travaux, sujette à des critiques fondées, n'a pas dû obtenir l'assentiment général des géomètres et des physiciens. On a fait remarquer, à juste titre, que le nombre des substances où M. Wertheim avait mesuré le rapport du coefficient d'allongement au coefficient de contraction transversale était bien petit, que les expériences relatives à une même substance n'étaient pas toutes très concordantes, que d'ailleurs ni les vibrations tournantes des verges carrées, ni les lois de la torsion, ni les vibrations transversales des plaques circulaires, n'étaient mieux représentées par les formules propres à M. Wertheim que par les anciennes formules, et on a généralement regardé comme tout à fait prématurée la tentative d'établir entre les deux constantes de la théorie une dépendance quelconque. On a même dû se demander s'il était bien probable que cette dépendance fût exprimée par un rapport numérique simple, le même dans tous les corps. Ces doutes ont été notamment exprimés par M. Lamé dans ses Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité, et par M. Maxwell, dans son Mémoire sur l'élasticité des solides inséré au tome XX des Transactions philosophiques de la Société royale d'Édimbourg (1). Ils ont trouvé récemment un appui important dans les expériences précises et délicates de M. Kirchhoff sur la comparaison de la torsion avec la flexion dans les verges à section circulaire d'acier trempé ou de cuivre (2). Enfin, M. Wertheim lui-même, dans la dernière note qu'il ait publiée (3), tout en contes-

propre à désigner une traction aussi bien qu'une pression proprement dite, les termes de pression négative et de traction étant synonymes.

(1) M. Maxwell a fait remarquer que la nature nous offrant toutes les transitions possibles entre les fluides parfaits et les solides dont la rigidité est comparable à celle des matières vitreuses, il n'était pas possible qu'un système unique de formules convînt à tous les corps.

(2) Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. LIX.

(3) Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. LI, p. 969.

tant les expériences de M. Kirchhoff, a paru se rapprocher de cette opinion ou, du moins, a reconnu très explicitement la nécessité de nouvelles recherches. En présence de cette conclusion finale, il nous paraît inutile de le suivre dans l'exposé des conséquences qu'il avait déduites de l'égalité hypothétique des deux constantes de Cauchy.

A l'étude des propriétés mécaniques des corps se rattache naturellement cette branche de la physique, connue sous le nom d'acoustique, qui n'est pour ainsi dire qu'un aspect particulier de la théorie de l'élasticité. Bien que par suite de notre organisation les lois des sons nous présentent par elles-mêmes de l'intérêt, ce qui en rend l'étude particulièrement importante aux yeux des physiciens, c'est qu'elles sont des manifestations de la réaction qu'opposent les corps aux forces mécaniques qui tendent à les déformer, et qu'elles peuvent offrir pour la théorie des épreuves à la fois plus aisées et plus sûres que la mesure des petites déformations produites par l'action de ces forces. Pour les gaz même et pour les liquides il est bien des questions importantes qui ne peuvent être abordées d'une autre manière. Ce point de vue, presque inconnu aux expérimentateurs que la musique ou la médecine a conduits à l'étude de l'acoustique, a été celui de toutes les recherches de M. Wertheim.

Les premières ont eu pour objet les vibrations de l'air et des gaz, et particulièrement l'étude des différences qui existent entre les lois simples, établies théoriquement par Daniel Bernoulli, et les lois réelles des tuyaux sonores de petit diamètre. Cette question est une de celles qui ont le plus occupé les physiciens, depuis surtout que le rôle assigné par Laplace à la chaleur dégagée ou absorbée par les vibrations des gaz a rendu si importante la détermination exacte des vitesses du son. Mais la valeur des résultats obtenus ne répond guère au nombre des recherches entreprises. Dulong est pour ainsi dire le seul qui ait réellement fait avancer la question, en montrant que, malgré l'inexactitude des vitesses déduites de la loi de Bernoulli, ces vitesses, calculées pour différents gaz à l'aide d'expériences effectuées avec le même tuyau, sont très probablement proportionnelles aux vitesses réelles. Le travail de M. Wertheim se rattache d'une manière étroite à celui de Dulong, mais il le dépasse de beaucoup, puisqu'il contient la première mesure certaine de la vitesse du son qui ait été obtenue à l'aide des tuyaux. Il démontre, en effet, que, dans le cas de l'air, la différence entre la longueur réelle d'un tuyau et la longueur théorique correspondant au son qu'il produit ne dépend pas de cette longueur elle-même, mais du mode d'embouchure et du diamètre. Cette loi se généralisant sans difficulté, elle donne le moyen de trouver avec certitude la vitesse du son dans un gaz quelconque. Il suffit de faire parler dans ce gaz deux tuyaux de longueurs différentes et de même diamètre, montés successivement sur la même embouchure; la comparaison du rapport de leurs longueurs avec le rapport de leurs nombres de vibrations fait connaître

aisément la différence entre la longueur réelle et la longueur théorique, et les lois de Bernoulli appliquées à la longueur théorique donnent la vitesse cherchée.

Tout ce travail, malgré son importance propre, n'a été que le prélude d'un travail sur les vibrations des liquides qui, entre tous ceux de M. Wertheim, a été le plus généralement remarqué (1). L'insuccès des physiciens qui avaient essayé d'obtenir des sons réguliers par la vibration de masses liquides limitées avait été si constant qu'aucune découverte ne pouvait paraître plus neuve et plus inattendue que celle de vibrations soumises aux mêmes lois que les vibrations des gaz et produites dans des conditions analogues. Tel est cependant le caractère des vibrations obtenues par M. Wertheim. Un tuyau de cuivre, semblable dans sa construction aux tuyaux à embouchure de flûte ouverts, étant plongé dans une masse liquide et mis en rapport, par la partie qui répond au porte-vent, avec une autre masse liquide qui supporte une pression considérable, le courant liquide qui s'établit à travers l'embouchure détermine la production d'un son musical, si l'embouchure a une forme et des dimensions convenables; mais comme rien ne détermine d'avance cette forme et ces dimensions, ce n'est qu'après des tâtonnements infinis qu'on parvient à les rencontrer (2). Le son dont il s'agit est d'ailleurs sensiblement en raison inverse de la longueur du tuyau et indépendant de ses dimensions transversales ; si la vitesse du courant liquide augmente graduellement, il s'élève dans l'échelle musicale d'une manière discontinue, en suivant à peu près la progression des nombres entiers naturels. Enfin, la différence de la longueur réelle et de la longueur théorique du tuyau paraît, comme dans les gaz, ne dépendre que de l'embouchure et du diamètre. Cette circonstance permet de faire servir les résultats des expériences à la détermination de la vitesse du son. Mais si l'on calcule ainsi la vitesse du son dans l'eau, on trouve un nombre inférieur de plus d'un sixième à la vitesse mesurée directement dans le lac de Genève par M. Colladon. Une différence du même ordre existe pour l'alcool, l'éther et un certain nombre de dissolutions salines, entre les vitesses déterminées par le procédé de M. Wertheim et les vitesses que donne la formule de Laplace lorsqu'on y introduit les valeurs des coefficients de compressibilité mesurées par M. Grassi. De là une difficulté théorique qui n'est point encore résolue. M. Wertheim a cru la faire disparaître par l'assimilation d'une colonne liquide vibrante à un cylindre solide, la théorie indiquant avec certitude que dans un cylindre solide de petit diamètre la vitesse du son est moindre que dans une masse indéfinie. Il lui a même paru dé-

(1) Mémoire sur la vitesse des sons dans les liquides. (Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. XXIII.)

(2) M. Wertheim s'est plu à reconnaître, dans son mémoire, combien lui avait été précieux pour toutes ces recherches le concours de M. Marloye.

montré que le rapport des deux vitesses du son dans les liquides étudiés était précisément le rapport $\sqrt{\frac{3}{2}}$ qu'on déduirait de la théorie de l'élasticité des solides en admettant l'égalité des deux constantes fondamentales. Mais en général on n'a pas cru possible d'accepter, sans autre preuve, l'analogie d'un cylindre solide, dont les vibrations longitudinales sont accompagnées de dilatations et de contractions transversales alternatives, avec une colonne liquide renfermée dans un tube à parois résistantes et de diamètre invariable.

Des recherches d'un tout autre genre sont contenues dans le mémoire sur les sons produits par le courant électrique. Il semblait résulter des expériences de plusieurs savants que cette catégorie de sons échappait aux lois ordinaires de l'acoustique et avait pour cause un mode spécial de l'action du courant, assez difficile à imaginer. M. Wertheim a fait voir au contraire que tous les phénomènes, à l'exception d'un seul (le son produit par le courant discontinu) étaient de simples conséquences de l'impulsion que doit recevoir un fil de fer toutes les fois que dans son voisinage un courant électrique vient à naître ou à cesser. Le son est longitudinal ou transversal suivant la direction de l'impulsion elle-même, et si l'impulsion n'est ni parallèle ni perpendiculaire à la longueur du fil, on peut entendre ces deux espèces de sons à la fois. L'intensité du son dépend de toutes les conditions qui peuvent influer sur l'énergie de l'action électromagnétique, mais la hauteur dépend exclusivement des dimensions, de l'élasticité et de la tension du fil. Peu d'exemples sont plus propres à montrer combien les problèmes acoustiques les plus compliqués en apparence se simplifient pour le physicien qui sait y voir de purs problèmes de mécanique (1).

Nous ne ferons que mentionner un mémoire sur les vibrations sonores de l'air, qui contient un grand nombre d'expériences très soignées sur les vibrations des masses d'air dont aucune dimension n'est très petite relativement aux autres. Ces expériences n'ont eu, en effet, pour résultat que l'établissement de formules empiriques dont la pratique seule peut apprécier l'utilité (2).

Les recherches sur la théorie de l'élasticité et sur l'acoustique dont nous venons de donner une idée se rattachaient d'une manière étroite dans l'esprit de M. Wertheim à l'ensemble des questions dont la physique de nos jours est le plus préoccupée. Une connaissance approfondie des vibrations perceptibles à nos sens lui semblait pouvoir devenir le fondement de l'étude de ces vibrations intangibles et invisibles auxquelles la science actuelle rapporte les phénomènes de la chaleur et de la lumière et parfois même, dans ses jours de témérité, ceux de l'électricité et du magnétisme. Il espérait aussi tirer des

(1) Annales de Chimie et de physique, 3e série, t. XXIII.
(2) Id., 3e série, t. XXXI.

lumières importantes de l'examen des modifications qu'imprime aux propriétés mécaniques des corps l'action des agents impondérables.

Trois séries d'expériences nous paraissent se rapporter de la manière la plus évidente à ces idées. La plus considérable a eu pour objet l'étude de la double réfraction produite par les actions mécaniques (1). Ce phénomène capital, découvert il y a bien longtemps par M. Brewster, n'avait guère été étudié jusqu'à M. Wertheim dans des conditions simples et favorables à des mesures exactes. La mémorable expérience de Fresnel sur un système de prismes comprimés dans le sens de leur longueur était demeurée isolée, et l'on s'était borné généralement à décrire les apparences chromatiques plus ou moins compliquées que développe dans la lumière polarisée une tige de verre infléchie ou un fragment de la même substance comprimé par l'action d'une vis. M. Wertheim a imaginé des appareils qui lui ont permis d'appliquer à un corps transparent une pression ou une traction parfaitement uniforme dans toute l'étendue du corps. Il a ainsi obtenu des teintes plates, indépendantes de la forme du corps et de ses dimensions perpendiculaires au trajet du rayon lumineux ; par les méthodes ordinaires de l'optique il lui a été facile de mesurer les différences de marche correspondant à diverses teintes et de suivre le développement graduel de la double réfraction qui résulte d'une pression ou d'une traction croissante. La loi de ce développement s'est montrée très simple. La double réfraction est proportionnelle à l'action mécanique ou plutôt à l'allongement ou au raccourcissement produit par cette action mécanique. Sur cette relation est fondé le dynamomètre optique mentionné dans les premières pages de cette notice. A la suite d'expériences sur le crown, le verre à glace et le flint, M. Wertheim crut pouvoir annoncer que le rapport de la double réfraction à l'effet mécanique (allongement ou raccourcissement) était le même dans tous les corps. Mais il ne tarda pas lui-même à reconnaître combien cette généralisation était inexacte, lorsque ses expériences se furent étendues au verre pesant, au sel gemme, au spath fluor et à l'alun (2).

Le mémoire sur les effets magnétiques de la torsion (3) ne le cède en rien au précédent pour la précision des méthodes expérimentales et la nouveauté des résultats, mais il contient une partie théorique qui n'a pas été en général

(1) Mémoire sur la double réfraction temporairement produite dans les corps isotropes. (Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. XL.)

(2) Le mémoire sur la double réfraction artificielle est encore intéressant à d'autres titres. On y trouve, par exemple, une discussion des expériences de M. Hodgkinson sur les propriétés mécaniques du fer et de la fonte, et un certain nombre d'applications du dynamomètre optique, auxquelles M. Wertheim attachait quelque prix, l'une de ses préoccupations constantes ayant été de rattacher ses recherches les plus abstraites aux questions usuelles de la mécanique pratique.

(3) Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. L.

favorablement accueillie. On savait depuis longtemps que la torsion, à l'égal des autres actions mécaniques, développe dans le fer doux la propriété connue sous le nom de force coercitive. Quelques expériences de M. Matteucci semblaient indiquer que la notion ordinaire de cette force ne suffisait pas à rendre compte de tous les faits, mais rien ne faisait prévoir les phénomènes suivants, que M. Wertheim a observés le premier :

1° L'aimantation temporaire communiquée à un morceau de fer doux par un courant est diminuée par la torsion; une détorsion égale, consécutive à la torsion, restitue à peu près l'aimantation primitive;

2° L'aimantation permanente qui subsiste après que l'action du courant a cessé est modifiée exactement de la même manière par des torsions et des détorsions successives;

3° Lorsque la barre est sans torsion, toutes les fois qu'on établit ou qu'on interrompt le courant magnétisant, le maximum d'aimantation correspond à la position que la barre occupe lorsqu'elle n'est sous l'action d'aucun couple tordant. Mais, en opérant d'une autre manière, par exemple en imprimant à la barre une torsion permanente, tandis qu'elle est soumise au courant magnétisant, on déplace le maximum d'aimantation par rapport au zéro mécanique ; on produit ce que M. Wertheim a appelé une *rotation*.

M. Wertheim a cru que, pour rendre compte de ces faits et de quelques autres analogues qu'on trouvera dans son mémoire, il était nécessaire de modifier profondément la théorie du magnétisme donnée par Ampère, e il a proposé de substituer aux courants particulaires de cette théorie des vibrations analogues aux vibrations lumineuses ou calorifiques, qui se propageraient dans l'intérieur des corps magnétiques et se combineraient suivant les lois connues des interférences. Nous n'entrerons pas dans les détails de cette explication, tant le principe nous en paraît difficile à admettre, tant nous voyons peu d'analogie entre les vibrations qui cheminent libremens dans un milieu transparent et les vibrations adhérentes aux molécules des corps, qui sont les seules qu'on puisse concevoir dans l'intérieur d'un aimant. D'ailleurs M. Wiedemann a montré, depuis la publication du mémoire de M. Wertheim, qu'on devait envisager les phénomènes sous un autre point de vue, et qu'ils étaient surtout propres à nous éclairer sur les modifications produites par les forces mécaniques dans l'arrangement moléculaire du fer doux et de l'acier.

Enfin, l'influence que la chaleur, l'électricité et le magnétisme exercent sur la valeur mécanique du coefficient d'élasticité a été l'objet d'un des premiers travaux de M. Wertheim. Les faits qu'il a observés ne sont pas plus susceptibles de se formuler en lois précises que les faits analogues observés par d'autres physiciens, tels que l'influence de la température sur la conductibilité électrique ou celle de l'état moléculaire sur la chaleur spécifique, mais

leur connaissance n'en offre pas moins un grand intérêt. Nous rappellerons donc que M. Wertheim a démontré par des mesures précises :

1° Que le coefficient d'élasticité et la résistance à la rupture des métaux sont diminués par le passage d'un courant;

2° Que ces effets sont indépendants des effets analogues que pourrait produire l'élévation de température dont le passage du courant est accompagné;

3° Que l'aimantation australe ou boréale agit dans le même sens, mais d'une manière plus durable, sur l'élasticité du fer (1).

Il y a lieu d'espérer la publication complète et prochaine d'un mémoire de M. Wertheim sur la capillarité, qui n'est encore connu que par une note présentée à l'Académie des sciences le 18 mai 1857. On y trouvera de nombreuses expériences sur la forme des ménisques soulevés par un plan, par deux plans parallèles, par la surface extérieure et par l'intérieur d'un tube cylindrique. Un des procédés employés pour l'étude de cette dernière espèce de ménisque mérite d'être spécialement mentionné Il consiste à plonger un tube en zinc dans de la cire fondue, et à laisser l'appareil se refroidir après une certaine durée d'immersion. La colonne soulevée se solidifie sans éprouver de modification sensible dans sa hauteur ni dans la forme de sa surface terminale, de sorte que, après avoir dissous la paroi de zinc dans l'acide sulfurique étendu, on peut prendre des mesures sur une section verticale passant par l'axe de la colonne. On remarquera également les expériences qui démontrent qu'entre deux plans de fer aimantés une dissolution de chlorure de fer s'élève deux ou trois fois plus haut qu'entre les mêmes plans non aimantés.

En ajoutant à l'analyse de tous les travaux de M. Wertheim qui importent à la science pure la mention de quelques recherches d'un intérêt pratique sur les propriétés mécaniques du bois, des tissus animaux et des verres, dont le principal mérite est de montrer comment la rigueur des procédés scientifiques peut s'accorder avec les besoins de la mécanique appliquée, nous serons parvenu au terme de la tâche que nous a confiée la Société philomathique. Nous espérons avoir été l'interprète fidèle des pensées et des découvertes de notre confrère; nous n'avons dissimulé aucune des objections fondées qu'on peut élever contre plusieurs de ses travaux, mais nous croyons que les lecteurs de cette notice trouveront comme nous que, malgré toutes ces objections, il reste encore à M. Wertheim une part assez belle. On ne saurait lui refuser, en effet, d'avoir écarté définitivement de la science une théorie que protégeaient d'imposantes autorités, d'avoir joué un rôle considérable dans le perfectionnement des méthodes expérimentales qui a été un

(1) Note sur l'influence que le courant galvanique et le magnétisme exercent sur l'élasticité des métaux. (Annales de Physique et de Chimie, 3e série, t. XII.)

des grands progrès contemporains de la physique, et, enfin, d'avoir attaché son nom à une découverte qui lui assure une place durable dans l'histoire de l'acoustique des liquides. Ce sont là, il nous semble, d'assez importants résultats pour une vie scientifique de dix-huit années.

LISTE CHRONOLOGIQUE DES TRAVAUX DE M. WERTHEIM, PUBLIÉS OU INÉDITS.

1839. — *Observationes physiologicæ*; *Dissertatio inauguralis* (1).
1842. — Mémoire sur l'élasticité et la cohésion des métaux. (Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. XII.)
1843. — Mémoire sur l'élasticité et la cohésion des alliages. (Annales, t. XII.)
1844. — Note sur l'influence que le courant galvanique et le magnétisme exercent sur l'élasticité des métaux. (Annales, t. XI.)
1845. — Sur l'élasticité et la cohésion des différentes espèces de verre. (Annales, t. XIX (2).)
Id. — Note sur l'influence des basses températures sur l'élasticité des métaux. (Annales, t. XV.)
1846. — Note sur les vibrations que le courant électrique fait naître dans le fer doux. (Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. XXI.)
Id. — Réponse aux remarques de M. de la Rive sur la note précédente. (Comptes rendus, t. XXI.)
1846. — Mémoire sur les propriétés mécaniques du bois (3). Imprimé à part chez Bachelier.
Id. — Mémoire sur la cohésion et l'élasticité des principaux tissus du corps humain. (Annales, t. XXI.)
1848. — Mémoire sur l'équilibre des corps solides homogènes. (Annales, t. XXIII.)
Id. — Mémoire sur les sons produits par le courant électrique. (Annales, t. XXIII.)
Id. — Mémoire sur la vitesse des sons dans les liquides. (Annales, t. XXIII.)
Id. — Note sur la torsion des verges homogènes. (Annales, t. XXV.)
1849. — Note sur les vibrations tournantes des verges carrées. (Comptes rendus, t. XXVIII.)
Id. — Mémoire sur les vibrations des plaques circulaires. (Annales, t. XXXI.)
Id. — Mémoire sur la propagation du mouvement dans les corps solides et les liquides. (Annales, t. XXXI.)
Id. — Note sur la vitesse du son dans les verges élastiques. (Annales, t. XXXI.)
1851. — Mémoire sur les vibrations sonores de l'air. (Annales, t. XXXI.)
Id. — Description d'un appareil pour la détermination de la vitesse du son dans les gaz. (Annales, t. XXXI.)
1851. — Mémoire sur la polarisation chromatique artificiellement produite dans le verre comprimé. (Comptes rendus, t. XXXII.)
Id. — Expériences sur la vitesse du son dans le fer (4). Comptes rendus, t. XXXII.)

(1) Thèse de médecine à l'Université de Vienne.
(2) En commun avec M. Chevandier.
(3) En commun avec M. Chevandier.
(4) En commun avec M. Breguet.

Id. — Note sur la double réfraction artificiellement produite dans les cristaux du système régulier. (Comptes rendus, t. XXXIII.)

1852. — Seconde note sur la double réfraction artificiellement produite dans les cristaux du système régulier. (Comptes rendus, t. XXXV.)

Id. — Note sur les courants d'induction produits par la torsion du fer. (Comptes rendus, t. XXXV.)

1854. — Mémoire sur la double réfraction produite temporairement dans les corps isotropes. (Annales, t. XL.)

Id. — Note sur la relation entre la composition chimique et l'élasticité des minéraux à élasticité constante. (Thèse de chimie imprimée chez Bachelier.)

Id. — Mémoire sur la capillarité. (Inédit.)

1855. — Mémoire sur les effets mécaniques et magnétiques de la torsion. — (Annales, t. L.)

1857. — Note sur la capillarité. (Comptes rendus, t. XLIV.)

1860. — Mémoire sur la compressibilité cubique des solides. (Comptes rendus, t. LI.)

Id. — Expériences sur la flexion. (Inédites.)

On n'a pas porté sur cette liste quelques extraits insérés aux Comptes rendus de mémoires imprimés plus tard dans les Annales.

RENSEIGNEMENTS BIOGRAPHIQUES.

Né à Vienne (Autriche) le 6 mai 1815.
Naturalisé français en 1848.

Docteur en médecine de l'Université de Vienne en 1839.
Docteur ès sciences physiques de la Faculté de Paris en 1854.
Professeur suppléant de physique à la Faculté des sciences de Montpellier en 1854.
Examinateur d'admission à l'École polytechnique depuis 1855.
Membre du jury de l'exposition universelle en 1855.

Correspondant de l'Académie des sciences de Vienne depuis 1848.
Correspondant de l'Académie des sciences de Berlin depuis 1853.
Membre honoraire de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève depuis 1854.
Membre de la Société philomathique de Paris depuis 1852.
Inscrit par la section de physique de l'Académie des sciences de Paris sur la liste des candidats présentés pour remplir une place vacante dans son sein, en 1851 et en 1860.

Chevalier de la Légion d'honneur depuis 1855.

Mort à Tours le 19 janvier 1861.

Extrait de *l'Institut, journal universel des sciences et des Sociétés savantes en France et à l'étranger;* 1re section, *sciences mathématiques, physiques et naturelles;* n s 1432, 1433 et 1434, publiés aux dates des 12, 19 et 26 juin 1861.

Paris. — Imprimerie de Cosson et Comp., rue du Four-Saint-Germain, 43.

SOCIÉTÉ
PHILOMATHIQUE DE PARIS.

ANNÉE 1862.

EXTRAIT DE L'INSTITUT,

JOURNAL UNIVERSEL DES SCIENCES ET DES SOCIÉTÉS SAVANTES
EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER.

1re Section.—Sciences mathématiques, physiques et naturelles.

Cité Trévise, 5, à Paris.

SOCIÉTÉ
PHILOMATHIQUE
DE PARIS.

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

PENDANT L'ANNÉE 1862.

PARIS,
IMPRIMERIE DE COSSON ET COMP.,
RUE DU FOUR-SAINT-GERMAIN, 43.
1862.

SOCIÉTÉ
PHILOMATHIQUE
DE PARIS.

SÉANCES DE 1862.

Séance du 18 janvier 1862.

MINÉRALOGIE. *Sur la formule réelle de la silice.* — La communication suivante a été faite par M. Gaudin dans cette séance.

J'ai démontré, il y a trente ans, que la silice devait être $Si\ O^2$, et non $Si\ O^3$, par cette considération que dans un volume de chlorure de silicium il y avait deux volumes de chlore, absolument comme dans un volume de bichlorure d'étain correspondant au deutoxyde d'étain $Sn\ O^2$. On tire la même conclusion de la densité du fluorure de silicium, qui renferme autant de fluor qu'il s'en trouve dans quatre volumes d'acide fluorhydrique, tout comme le chlore contenu dans un volume de chlorure de silicium représente celui contenu dans quatre volumes de gaz chlorhydrique.

Le mémoire que j'ai écrit à cette époque a été imprimé dans les Annales de chimie et de physique. Je me suis fort étonné qu'on n'y ait pas fait attention, puisque mon raisonnement était sans réplique possible, et qu'il ne s'agissait de rien moins que de changer précisément toutes les formules chimiques des minéraux renfermant de la silice.

Cependant, je m'attendais bien que tôt ou tard on arriverait aux mêmes conclusions par d'autres chemins; aussi, ai-je appris, il y a peu d'années, avec satisfaction que M. Mari-

gnac adoptait pour la silice la formule $Si\ O^2$. J'ai négligé de m'informer pourquoi, tant la chose me paraissait évidente sous tous les rapports.

Tout récemment encore, on m'a informé que M. Des Cloizeaux avait aussi adopté cette formule $Si\ O^2$ pour la silice, dans le Traité de minéralogie qu'il publie actuellement ; mais que ce célèbre minéralogiste semblait éprouver quelque regret de cette détermination, en raison de la difficulté qu'il trouvait à représenter par des formules simples un certain nombre de minéraux à base de silice. C'est ce qui m'a décidé à faire une communication à la Société philomathique, pour montrer comment on doit, à mon avis, envisager la génération des molécules d'une façon tout à fait générale, ce qui rend les formules dualistiques superflues et bonnes tout au plus à exprimer le premier terme des combinaisons.

D'après ma théorie du groupement des atomes pour former des molécules ou polyèdres géométriques réguliers, susceptibles de cristallisation, ces molécules résultent de l'assemblage symétrique d'éléments linéaires composés de 3, de 5 et de 7 atomes. D'après cela la silice serait un élément linéaire de 3 atomes, soit 1 atome de silicium placé entre 2 atomes d'oxygène dans une même droite. L'axe de 5 atomes sera une molécule linéaire d'alumine ayant au centre un atome d'oxygène et aussi à ses extrémités, chaque atome d'aluminium se plaçant entre 2 atomes d'oxygène. Les axes de 5 atomes auront au centre un atome de métal, puis de chaque côté un atome d'oxygène, puis plus loin du centre et de chaque côté un atome d'aluminium, et à chaque extrémité un atome d'oxygène. Dans ces trois axes on observe partout qu'un atome d'une espèce est placé dans une même droite, entre deux atomes équidistants d'une autre espèce; ceci a lieu une seule fois dans les axes à 3 atomes et 3 fois dans les axes à 5 et à 7 atomes. Si nous ajoutons à cela la molécule d'eau, axe à 3 atomes, soit un atome d'oxygène placé entre deux atomes d'hydrogène, comme la silice, nous avons les éléments nécessaires pour représenter, avec une fidélité mathématique, tous les minéraux qui renferment de la silice.

Les molécules se forment par un assemblage symétrique

d'axes à 5 et 7 atomes, avec des axes à 3 atomes; les premiers se plaçant parallèlement et au centre de 3, de 4 ou de 6 axes à 3 atomes. Par ce moyen, il se produit des prismes bipyramidés à 3, à 4 ou à 6 côtés : ce sont les molécules les plus simples de ce genre; mais il existe des assemblages solidaires et indivisibles de ces prismes doublement pyramidés, au nombre de 3 ou 4 pour les prismes à 3 côtés; au nombre de 4 ou 5 pour les prismes à 4 côtés, et au nombre de 6 ou de 7 pour les prismes à 6 côtés, suivant qu'il existe ou non un grand axe au centre, car souvent ce grand axe au centre est remplacé par un axe à 3 atomes, une molécule d'eau, de silice, de fluorure, de chlorure, etc.

Passant donc en revue la famille des feldspaths et des zéolithes, je trouve qu'il y a la molécule composée de 3 molécules de silice, ayant au centre un axe de 7 atomes, aluminate de monoxyde linéaire, prisme triangulaire équilatéral doublement pyramidé : c'est le feldspath labrador. Il y a la molécule composée de 4 molécules de silice linéaires entourant un axe de 7 atomes, prisme carré doublement pyramidé: c'est l'amphigène. Il y a la molécule composée de $6SiO^2$ entourant un axe de 7 atomes formant un prisme hexaédrique régulier doublement pyramidé : c'est la molécule du feldspath orthose.

Il y a de plus les combinaisons de la molécule à 3 de silice avec 3 molécules d'eau: mésotype : à 4 de silice, avec 4 molécules d'eau: laumonite; à 6 de silice, avec 6 molécules d'eau: stilbite.

En suivant cette filière, on trouve une molécule composée de 6 SiO^2 avec 3 grands axes réalisant dans une seule, d'une façon solidaire et indivisible, 3 fois la molécule du labrador: c'est un prisme triangulaire équilatéral bipyramidé tronqué, l'anorthite; et aussi la molécule composée de 6 SiO^2 entourant 4 axes de 5 atomes (Gl^2O^3 linéaire), représentant également un prisme triangulaire équilatéral bipyramidé tronqué, assemblage solidaire et indivisible de 4 prismes triangulaires bipyramidés : la phénakite.

Nous trouvons ensuite la molécule composée de 9 SiO^2 entourant 4 axes de 7 atomes, formant un prisme carré double-

ment pyramidé tronqué, la wernerite; et aussi cette même molécule avec 8 molécules d'eau, représentant un prisme octogone bipyramidé tronqué : la thomsonite.

Dans le système hexagonal, il y a un assemblage solidaire et indivisible de 18 SiO^2 entourant 4 axes de 7 atomes, assemblage solidaire et indivisible de 4 prismes hexaédriques réguliers doublement pyramidés, représentant dans leur ensemble un prisme à base de triangle équilatéral doublement pyramidé tronqué : c'est l'oligoclase.

La même molécule avec 26 molécules d'eau représentant le même solide, mais plus surbaissé : c'est la chabasie.

Enfin nous arrivons à la combinaison ultime de 24 SiO^2 avec 6 axes de 7 atomes et 31 molécules d'eau représentant au centre un prisme hexaédrique régulier, entouré par 6 prismes hexaédriques réguliers doublement pyramidés, entourés eux-mêmes d'une table hexaédrique régulière qui les déborde; et l'ensemble forme un prisme hexaédrique régulier bipyramidé tronqué : c'est l'herschelite.

Cette zoolithe formée par la réunion symétrique de 61 axes à 3 et à 7 atomes parallèles entre eux, est identique sous ce rapport avec l'acide *stéarique,* qui cristallise comme elle en prisme hexaédrique régulier; elle n'en diffère que par l'axe du centre, qui est de 3 atomes au lieu d'être de 7 atomes; du moins le respect que je dois à l'analyse de M. Damour ne m'a pas permis encore d'y trouver un grand axe.

Pour l'émeraude, c'est la même chose : elle est la réunion de 24 SiO^2 avec 7 axes de 5 atomes de glucine ou alumine linéaire, alternativement 4 de l'une avec 3 de l'autre, puisque leurs proportions d'oxygène sont identiques, ce qui forme un assemblage solidaire et indivisible de 7 prismes hexaédriques doublement pyramidés, et en somme un prisme hexaédrique régulier doublement pyramidé tronqué, élément du cristal à base d'hexagone régulier.

Enfin il y a l'apophyllite, composée d'une molécule de fluorure de potassium, 8 molécules de chaux, 16 SiO^2 et 16 H^2O, qui forme un assemblage solidaire et indivisible d'un prisme carré entouré de 8 prismes carrés doublement pyramidés, et en somme un prisme carré doublement pyramidé tronqué,

élément des cristaux en prismes carrés, où chaque atome est rangé de manière à contribuer à la parfaite symétrie de l'ensemble.

Tout ceci, loin de dépendre d'une méthode arbitraire, résulte d'une *loi unique* qui, partant d'une formule chimique vraie dans ses rapports atomiques, l'élève *à sa réalité* en la prenant telle quelle, ou en la multipliant par 2, par 3, par 4, par 5 ou par 6, en se guidant sur la forme cristalline à obtenir; et alors il en résulte un polyèdre géométrique régulier, *le seul que l'on puisse faire,* et qui se trouve conforme à la cristallisation.

Par ce moyen, le labrador, l'oligoclase et l'anorthite ont pour forme un prisme trièdre bipyramidé et bipyramidé tronqué, élément du prisme rhomboïdal oblique non symétrique. L'amphigène est un prisme carré doublement pyramidé, élément du système cubique; la laumonite, un prisme carré bipyramidé avec un grand axe, élément du prisme rhomboïdal oblique approchant de 90°; le feldspath orthose, un prisme hexagonal bipyramidé, élément du prisme oblique approchant de 120°; la chabasie et la phénakite sont des prismes trièdres bipyramidés tronqués *surbaissés*, éléments du rhomboèdre; l'émeraude et l'herschelite sont des prismes hexagonaux bipyramidés tronqués, élément du prisme hexagonal régulier; la wernerite et l'apophyllite sont des prismes carrés bipyramidés tronqués, élément du prisme carré; la thomsonite est un prisme octogone bipyramidé tronqué, élément du prisme rhomboïdal droit approchant de 90°.

La mésotype et la stilbite, qui sont des prismes hexaédriques réguliers doublement pyramidés, ne peuvent pas donner des cristaux en prismes rhomboïdaux droits *voisins de* 90°; *mais bien des prismes droits ou obliques approchant de* 120°. L'examen des cristaux semble prouver que leur forme cristalline a été mal prise; c'est leur face g^1 qui est la base; et en regardant avec les tourmalines à travers cette face, on devra apercevoir l'indice des deux axes; l'euclase me paraît être aussi dans le même cas.

En résumé, la silice me paraît bien être SiO^2. Il n'y a ja-

mais eu le moindre argument valable pour SiO^3, qu'une supposition toute gratuite de Berzelius.

M. Hervé-Mangon m'ayant indiqué un moyen pour composer mes dessins avec des types mobiles, je pourrai à l'avenir accompagner le texte des figures nécessaires, et je vois dès aujourd'hui la possibilité de publier en entier mon travail, qui comprendra les corps les plus importants de la chimie usuelle, minérale et organique. Par ce moyen, j'espère enfin montrer à tous que j'ai réellement découvert la loi du groupement des atomes dans les molécules : qu'il ne saurait y avoir d'autre arrangement que celui qui en découle; ce qui donnera lieu à une méthode géométrique pour vérifier l'analyse des corps cristallisables, et tôt ou tard une clef pour expliquer une foule de phénomènes lumineux résultant de la texture tant moléculaire que cristalline.

—M. de Calligny a fait aussi dans cette séance des communications : 1° sur un moyen de faciliter la conservation du vide pendant les grandes chaleurs; 2° sur les vibrations des colonnes liquides; 3° sur le mouvement des vagues de la mer. Nous allons en présenter le résumé.

1. On s'occupe beaucoup en ce moment d'expériences qui pourraient avoir un très haut intérêt pour la salubrité publique. Il s'agit de vider les fosses d'aisances par aspiration, au lieu d'employer les moyens ordinaires. Il paraît même qu'on est parvenu, en faisant monter à une hauteur suffisante le tonneau dans lequel on avait fait le vide avant de le remplir, à rétablir ensuite convenablement le vide (sauf quelques précautions dans le détail desquelles on n'entrera pas ici), au moyen de l'écoulement même du liquide impartant extrait de la fosse, parce que le tuyau de vidange, par lequel se fait cet écoulement, a une hauteur plus grande que celle qui suffirait pour faire équilibre à la pression atmosphérique. Quel que puisse être d'ailleurs l'avantage de chacun des moyens employés, ou essayés jusqu'à ce jour, pour faire le vide dans ces capacités des tonneaux, il s'agit dans cette communication de montrer comment on peut faciliter, surtout pendant les grandes chaleurs, la conservation d'un vide convenable pendant le

voyage de cette capacité, depuis l'endroit, qui peut être fort éloigné, où l'on a fait le vide par un moyen quelconque.

M. de Caligny rappelle d'abord que, dans un mémoire qu'il a présenté à l'Académie des sciences en 1837, et qui a été couronné par cette Académie en 1839, il a signalé un moyen simple de faciliter la conservation du vide, en entourant de capacités remplies d'eau celles où l'on veut s'opposer à la rentrée de l'air, qui coule plus facilement que les liquides.

Ce moyen, dit-il, ne serait point praticable en hiver à cause de la gelée, car on conçoit d'ailleurs que, pour ne pas gêner le service, il faut qu'il y ait le moins d'espace possible entre la capacité et son enveloppe, ce qui limite l'épaisseur de la couche d'eau enveloppante. Mais c'est surtout pendant les grandes chaleurs que le vide est difficile à conserver convenablement, à cause de la vaporisation de la quantité quelconque de liquide restée dans le tonneau, ou qui peut y rester à chaque vidange.

Avant d'aller plus loin, on remarquera d'abord que, même abstraction faite des considérations relatives aux grandes chaleurs, l'avantage quelconque résultant de la présence du liquide enveloppant en faveur de la conservation du vide n'est pas le seul. En effet, s'il y a dans la surface enveloppée quelque fissure, l'eau enveloppante baissera de niveau, et l'on aura ainsi un moyen de connaître l'état des surfaces, qui sera d'autant plus sensible que la température sera moins élevée à l'intérieur. On conçoit d'ailleurs qu'un tube indicateur peut rendre ce moyen d'observation très facile.

Dans les grandes chaleurs, le liquide enveloppant agira comme un véritable réfrigérant sur la surface enveloppée; d'autant plus qu'il sera facile, au moyen d'un robinet inférieur, de renouveler ce réfrigérant aussi souvent que le besoin s'en fera sentir, le liquide ayant d'ailleurs toute la liberté de circuler entre les surfaces enveloppantes et enveloppées.

On avait déjà remarqué que, dans la machine de De Trouville, la vaporisation de l'eau dans les capacités aspirantes devait être une cause de diminution des effets de cette machine.

M. de Caligny fait observer qu'on pourrait, dans les appareils élévatoires analogues, sacrifier une très petite portion de l'eau élevée pour établir de petits courants continus dans le liquide enveloppant qu'il a depuis longtemps proposé d'essayer autour de ces capacités. On aurait ainsi un moyen simple de renouveler indéfiniment le réfrigérant qui s'opposerait à l'échauffement des surfaces enveloppées et même des surfaces enveloppantes.

2. — M. de Caligny dit ensuite qu'en 1853, ayant disposé à Versailles, au bassin dit de Picardie, un appareil pour faire des expériences sur une de ses machines hydrauliques, il fut d'abord embarrassé d'un mouvement oscillatoire très fort, qui se présenta dans le réservoir destiné à recevoir les eaux motrices par un tuyau arrivant de bas en haut au milieu de ce réservoir. S'il n'avait pas eu un moyen de s'en débarrasser, il aurait été impossible d'obtenir dans ce réservoir un niveau assez peu troublé, pour pouvoir faire des expériences sérieuses sur l'effet utile d'un appareil hydraulique ; mais il fit cesser, par un moyen très simple, ce violent mouvement oscillatoire, quelle qu'en fût d'ailleurs la cause, dans les tuyaux qui amenaient le liquide. Il lui suffit de disposer en dessus une planche, qui, en recevant la percussion, rétablit la régularité de l'écoulement.

M. de Caligny rappelle à ce sujet qu'en 1846 il communiqua à la Société un moyen de faire, au contraire, osciller les jets d'eau par la disposition des obstacles.

3. — M. de Caligny communiqua en 1851 des observations qu'il fit, dans une traversée en mer, sur le mouvement orbitaire de la partie supérieure des flots. Malgré l'avantage que lui donnait, pour faire ces observations, la direction du mouvement apparent des flots, il a profité depuis des occasions qui se sont présentées, pour faire des observations semblables du rivage. Quand il a observé à une distance suffisante du rivage la progression de l'écume des flots, il a toujours vu qu'après avoir considéré le mouvement de cette écume dans la direction du mouvement apparent des flots, au bout d'un certain chemin parcouru elle semblait d'abord disparaître ; mais on s'apercevait bientôt qu'elle *s'étendait* sur la mer, et que son

mouvement d'oscillation en arrière était facile à observer dans le champ de la lunette. Il devenait ainsi évident, en tenant compte des effets du vent, qu'il y avait bien deux sortes de mouvements dans la partie supérieure des flots, l'un dans le sens vertical, l'autre dans le sens horizontal, comme si le mouvement des molécules supérieures était orbitaire. On ne peut cependant admettre le mouvement dit orbitaire sans quelque réserve, du moins quand on n'est pas en pleine mer, à cause du mouvement quelconque de progression résultant soit de ce qu'il y a du vent, soit de ce que l'inclinaison de la mer le long des côtes modifie l'état de la question. Mais le mouvement de retour en arrière de l'écume est trop fort pour qu'on puisse admettre l'ancienne théorie dite *du siphonnement*, qui paraît d'ailleurs être abandonnée par les géomètres dans l'explication du mouvement des flots.

Pour bien faire les observations de ce genre, il est commode d'être à une certaine hauteur au-dessus du niveau de la mer, comme cela est facile à Fécamp, où M. de Caligny a fait de nouvelles études pendant l'été dernier sur le mouvement des vagues dans diverses conditions.

En 1848, il avait déjà eu occasion de faire des observations semblables à celles dont on vient de parler, sur le mouvement de l'écume des vagues, dans une partie élargie de la Seine, à une certaine distance en aval de Mantes, mais elles sont plus satisfaisantes en mer, tout en présentant des résultats analogues quant au mouvement de l'écume des flots.

Séance du 25 janvier 1862.

Zoologie. *Œuf complet inclus dans un autre œuf complet.* — M. Bert a mis sous les yeux des membres de la Société les coquilles de deux œufs de poule inclus l'un dans l'autre, et a donné les renseignements suivants :

« Ces œufs proviennent d'une jeune poule cochinchinoise; ils ont été pondus à Ivry près Paris, dans une propriété appartenant à M. Faure, conseiller à la Cour impériale.

» L'œuf extérieur, assez régulièrement ellipsoïdal, mesure $0^m,09$ suivant le grand axe, et $0^m,06$ suivant le petit; son

enveloppe calcaire, doublée d'une véritable membrane coquillière, un peu mince, dont le microscope m'a montré la texture feutrée, est extrêmement fragile ; elle se brisa même sous le poids du contenu, et il en sortit un albumen, un vitellus, et l'œuf intérieur ; malheureusement, il ne m'a pas été permis d'étudier dans quelle position réciproque se trouvaient ces différentes parties.

» L'œuf intérieur a $0^{m},06$ sur $0^{m},04$, dimensions ordinaires d'un œuf de poule cochinchinoise ; il est parfaitement constitué, pourvu d'une coquille épaisse, d'un blanc, d'un jaune et d'une cicatricule ; il ne présente que deux anomalies sans importance, à savoir l'état rudimentaire de l'une des chalazes, et le déplacement de la chambre à air, qui se trouvait sur l'un des côtés ; à propos de la chambre à air, je dois dire que cet œuf était depuis plusieurs jours en contact avec l'atmosphère lorsque j'en fis l'ouverture.

» Les faits semblables sont extrêmement rares, car M. Panum (*Recherches sur les causes de la monstruosité*... Voyez *Gaz. Médic.* 1861) n'en cite qu'un seul, appartenant au musée de Copenhague, et M. Davaine, dans le mémoire si important qu'il a publié sur les anomalies de l'œuf (*Mémoire de la Société de biologie*, 1860), n'a pu en rassembler que trois ou quatre ; encore, dans ceux-ci, un seul, dû à M. Rayer, paraît observé avec assez de précision.

»En revanche, on possède un assez bon nombre d'observations d'œufs plus ou moins incomplets, ou de corps étrangers, contenus dans des œufs eux-mêmes plus ou moins incomplets. Je ne saurais mieux faire à ce sujet que de renvoyer au remarquable travail de M. Davaine.

» Quant à l'explication du fait, bien qu'il me paraisse difficile d'admettre, comme le veut le savant naturaliste que je viens de citer, qu'une contraction anti-péristaltique de la tunique musculaire de l'oviducte ait pu faire rebrousser chemin à un œuf de 6 centimètres sur 4, pesant de 40 à 50 grammes, muni d'une coquille inflexible, et le ramener ainsi jusqu'auprès du pavillon de la trompe, je n'oserais me permettre d'élever théorie contre théorie, et je laisse à de plus habiles la tâche de combattre une telle autorité.

» Mais, depuis la publication du mémoire de M. Davaine, une explication nouvelle s'est produite, à laquelle je ne puis m'empêcher de répondre brièvement. M. O. des Murs, à qui elle est due (*Revue et Magasin de zoologie*, 1861), s'est appuyé sur une théorie de M. le Dr Cornay, que son auteur énonce en ces termes : « La membrane ovarienne qui retient » l'œuf attaché à l'ovaire pendant sa genèse, sécrète elle-» même la pâte calcaire, le gluten de cette pâte, quelquefois » coloré, et le gluten plus ou moins coloré et tacheté de la » couche externe de la coquille, lorsque cette couche existe... » Partant de cette idée, qu'il considère comme un principe, M. des Murs ne voit dans le fait d'un œuf inclus dans un autre œuf, autre chose qu'une vésicule ovarienne englobée dans une autre vésicule ovarienne, une anomalie de germe, « rien » de plus ». Selon, alors, que la vésicule « absorbée, renfer-» mant le germe de tous les élements nécessaires au dévelop-» pement complet de l'œuf, » trouverait dans l'intérieur de l'autre vésicule plus ou moins d'espace d'action, elle sécréterait ou non son enveloppe calcaire.

»Je ferai simplement observer qu'avant de rien conclure de l'hypothèse de M. Cornay, il serait bon, ce me semble, de la démontrer d'abord; or, elle paraît difficilement conciliable avec ce que l'on sait sur l'anatomie de l'œuf et la formation de ses parties accessoires; personne, que je sache, n'a vu dans la vésicule ovarienne ces éléments qu'y suppose M. Cornay; et, d'autre part, il semble bien démontré que ces parties accessoires sont sécrétées, en dehors de l'ovaire, par différentes régions de l'appareil génital, régions évidemment séparées chez beaucoup d'animaux, et qui chez les oiseaux même se distinguent nettement les unes des autres par leur constitution anatomique. En tout cas, j'avouerai que cette théorie, qui ressemble singulièrement à certaines idées anciennes voisines de l'emboîtement des germes, ne me paraît pas aussi « simple » que le savant oologiste, avec lequel je regrette de me trouver en contradiction, semble le supposer. »

Séance du 1 mars 1862.

Chimie. — Communication a été faite à la Société, dans

cette séance, de la note suivante de M. Berthelot, intitulée : *Nouvelles recherches sur la formation des carbures d'hydrogène.*

Dans des expériences présentées à l'Académie des sciences il y a cinq ans, j'ai établi la formation synthétique, au moyen des éléments, des carbures d'hydrogène les plus simples et celle des alcools. J'ai donné des méthodes certaines pour atteindre le but. Cependant, la simplicité des résultats m'ayant paru laisser quelque chose à désirer, j'ai entrepris de nouvelles recherches pour mieux manifester l'enchaînement régulier des formations. Rappelons d'abord quelques-uns des faits déjà établis, afin de marquer la marche progressive des combinaisons :

1° Le carbone et l'oxygène se combinent pour former de l'oxyde de carbone; l'hydrogène et l'oxygène se combinent pour former de l'eau:

$$C^2 + O^2 = C^2O^2;\ H^2 + O^2 = H^2O^2.$$

2° L'oxyde de carbone et l'eau se combinent pour former de l'acide formique :

$$C^2O^2 + H^2O^2 = C^2H^2O^4.$$

3° L'acide formique (à l'état de formiate de baryte) se transforme en gaz des marais eau et acide carbonique, suivant une équation simple, analogue à celle qui transforme l'acide acétique en acétone :

$$4C^2H^2O^4 = C^2H^4 + 2H^2O^2 + 3C^2O^4.$$

C'est ici que prennent place mes nouvelles expériences.

4° Le gaz des marais pur, soumis à l'action de la chaleur, ou beaucoup mieux à l'étincelle d'un puissant appareil d'induction, éprouve une métamorphose remarquable. Tandis qu'une certaine quantité se sépare en ses éléments, une autre partie, et très considérable, se condense en un carbure d'hydrogène plus compliqué, l'acétylène :

$$\underset{\text{Gaz des marais.}}{2C^2H^4} = \underset{\text{Acétylène.}}{C^4H^2} + H^6$$

L'expérience est difficile à réaliser par l'action de la chaleur rouge, parce qu'une très petite quantité de gaz des marais se décompose, le reste demeure inaltéré; mais elle réussit parfaitement avec l'étincelle d'induction. Il suffit de décomposer une seule bulle de gaz des marais, pour voir apparaître de suite

l'acétylure cuivreux caractéristique dans une solution de protochlorure de cuivre ammoniacal, traversée par le courant gazeux. Rien n'est plus facile, d'ailleurs, que de former une grande quantité de ce composé, de façon à régénérer ensuite l'acétylène à l'état libre et pur.

La formation de l'acétylène, dans ces circonstances, est rendue possible par l'extrême stabilité de cette substance, le plus stable de tous les carbures connus. Je dis le plus stable, car, sous l'influence de l'étincelle d'induction, l'acétylène se forme aux dépens de la benzine, de la naphtaline même, ces corps étant réduits en vapeur dans une atmosphère d'hydrogène. Mais la formation de l'acétylène, dans ces nouvelles conditions, et principalement avec la naphtaline, est bien moins abondante qu'avec le gaz des marais.

Pour rendre ces résultats plus décisifs, en ce qui touche la formation de l'acétylène par les éléments, je l'ai reproduite avec le gaz des marais obtenu au moyen de l'acide formique, c'est-à-dire de l'eau et de l'oxyde de carbone. Ce gaz des marais, lavé préalablement dans le brome et dans la potasse, fournit en effet de l'acétylène : résultat facile à prévoir, mais que j'ai cru utile de constater comme contre-épreuve de mes premières expériences.

5° L'acétylène ainsi obtenu devient l'origine de nouvelles formations ; en effet, j'ai établi ailleurs que rien n'est plus facile que de le changer, à la température ordinaire, en gaz oléfiant, par une simple addition d'hydrogène.

$$\underset{\text{Acétylène.}}{C^4 H^2} + H^2 = \underset{\text{Gaz oléfiant.}}{C^4 H^4}.$$

C'est l'un des exemples les plus nets de la fixation de l'hydrogène sur une substance organique. Elle s'effectue en attaquant le zinc par l'eau ammoniacale, en présence de l'acétylure cuivreux.

Voici quelques nouveaux détails sur l'analyse des produits de cette réaction. Ces produits consistent essentiellement en hydrogène et en gaz oléfiant, mélangés avec un peu d'acétylène échappé à la réaction. Le procédé d'analyse que je vais indiquer est essentiellement qualitatif. Il permet d'isoler en nature chacun des éléments du mélange gazeux. Ce procédé

est d'autant plus important à faire connaître, qu'une analyse semblable paraît avoir donné lieu récemment à des erreurs assez graves. On traite le mélange gazeux par le protochlorure de cuivre ammoniacal, lequel dissout *simultanément* les carbures $C^{2n} H^{2n-2}$, tels que l'acétylène, et les carbures $C^{2n} H^{2n}$, tels que le gaz oléfiant. Mais l'acétylène forme une combinaison insoluble et qui n'est pas détruite par l'ébullition de la liqueur, double propriété qui permet de la séparer; tandis que le gaz oléfiant entre simplement en dissolution et peut être dégagé à l'état de pureté par l'ébullition de la liqueur. On l'obtient ainsi isolé, on le lave avec de l'acide sulfurique étendu, pour le dépouiller des vapeurs ammoniacales, puis on le soumet à l'analyse eudiométrique.

6° Le gaz oléfiant, $C^4 H^4$, formé avec l'acétylène, $C^4 H^2$, peut être à son tour surhydrogéné et transformé en acétène, $C^4 H^6$.

$$\underset{\text{Gaz oléfiant.}}{C^4 H^4} + H^2 = \underset{\text{Acétène.}}{C^4 H^6}$$

On y parvient à l'aide d'une méthode générale que j'ai publiée il y a cinq ans et qui a reçu depuis plus d'une application. Elle consiste à fixer du brome sur le premier carbure, de façon à former un bromure, $C^4 H^4 Br^2$, puis à remplacer le brome par de l'hydrogène. Cette substitution inverse s'opère très nettement par l'emploi de l'iodure de potassium et de l'eau, sans autre agent.

Je crois utile de rappeler ici que ce fait et la réduction de la glycérine par l'iodure de phosphore constituent les premiers exemples de l'emploi des composés iodurés comme agents réducteurs; on sait combien cette méthode, généralisée dans ces derniers temps, est devenue féconde. Parmi les autres résultats qu'elle m'avait déjà permis de réaliser, je n'en citerai qu'un,

la désoxydation complète de la glycérine... $C^6 H^8 O^6$
et sa transformation dans le carbure..... $C^6 H^8$.

Mais revenons à la construction progressive des carbures d'hydrogène.

7° Le gaz des marais, agissant sur l'oxyde de carbone, engendre le propylène, conformément à la réaction suivante que j'ai déjà signalée :

$$\underset{\text{Gaz des marais.}}{2C^2H^4} + C^2O^2 = \underset{\text{Propylène.}}{C^6H^6} + H^2O^2.$$

8° Le même gaz des marais, renfermé dans un tube de verre de Bohême scellé, puis chauffé à la température à laquelle le tube commence à se ramollir, donne naissance à une petite quantité de naphtaline. La plus grande partie résiste. La formation de la naphtaline au moyen du gaz des marais peut se représenter par l'équation suivante :

$$10C^2H^4 = C^{20}H^8 + H^{32}.$$

Elle rappelle la formation du chlorure de Julin, $C^{20}Cl^{10}$, au moyen du prochlorure de carbone, C^2Cl^4.

L'acétylène m'a paru ne prendre naissance, dans les conditions qui viennent d'être spécifiées, ni aux dépens du gaz des marais, ni aux dépens du gaz oléfiant ; sa formation exige une température plus élevée.

En résumé, on peut former, avec les éléments, l'oxyde de carbone et l'eau ; avec ces derniers, l'acide formique ;

Avec l'acide formique, le gaz des marais	C^2H^4;
Avec le gaz des marais, l'acétylène	C^4H^2;
Et consécutivement le gaz oléfiant	C^4H^4;
Et l'acétène	C^4H^6;
Avec le gaz des marais, et l'oxyde de carbone, le propylène	C^6H^6;
Enfin, avec le gaz des marais, la naphtaline	$C^{20}H^8$.

Toutes ces formations résultent d'une suite régulière de réactions simples, exercées directement sur les éléments d'abord, puis sur les carbures ; elles établissent la génération graduelle et directe de carbures d'hydrogène de plus en plus compliqués, au moyen de carbures plus simples.

A côté de cette méthode, fondée sur la condensation progressive de la molécule hydrocarbonée, je rappelerai la méthode des condensations simultanées dont j'ai développé ailleurs les applications. Dans la distillation sèche des formiates, des acétates et des corps analogues, une même molécule hydrocarbonée, C^2H^2, se sépare à la fois sous plusieurs condensations différentes, telles que :

Le gaz oléfiant $(C^2H^2)^2$;
Le propylène $(C^2H^2)^3$;
Le butylène $(C^2H^2)^4$;
L'amylène $(C^2H^2)^5$, etc.

La constitution des principaux de ces carbures a été vérifiée par la formation des alcools correspondants (1).

Telles sont, jusqu'à présent, les seules méthodes établies par l'expérience qui permettent de partir des éléments pour arriver à des carbures simples d'abord, puis de plus en plus élevés. On découvrira sans doute d'autres procédés analogues ou plus réguliers encore; car telle est la marche des sciences expérimentales; mais je pense que les progrès qui pourront être faits dans cette direction s'appuieront au fond sur les mêmes principes généraux.

En effet, condensation progressive, condensation simultanée, soit aux dépens des éléments d'un composé unique, soit aux dépens des éléments réunis de deux composés, voilà les deux grandes voies de la synthèse en chimie organique. C'est à ces deux idées que se rattachent toutes les méthodes générales déjà fécondées par l'expérience, et qui le sont chaque jour davantage. Depuis que la synthèse a franchi les premiers et les plus grands obstacles, je veux dire ceux qui s'opposaient à la formation des carbures d'hydrogène au moyen des éléments, la route s'élargit à mesure qu'on avance; les composés obtenus avec ces premiers termes deviennent plus nombreux et se prêtent à des métamorphoses plus variées et plus délicates. Comme il arrive dans les sciences en voie de développement, les ressources augmentent à chaque pas nouveau, à mesure que les chimistes se familiarisent avec un ordre de problèmes presque ignoré jusqu'ici.

Séance du 8 *mars* 1862.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE. *Structure des poils du tact des*

(1) On sait d'ailleurs que les carbures obtenus dans la distillation sèche des acides $C^{2n}H^2O^4$ ont été soumis à toutes sortes d'épreuves par les expériences de MM. Reynolds, Hofmann, Cahours. Wurtz, etc. (préparation de nombreux dérivés, chlorés et bromés, formation des glycols, etc.).

Mammifères. — Communication a été faite à la Société dans cette séance de la note suivante par M. Léon Vaillant :

Dans des travaux antérieurs et dans une thèse présentée il y a quelques mois à la Faculté de médecine (1), j'ai déjà appelé l'attention sur un point d'anatomie peu étudié jusqu'ici, relatif à la structure de certains poils désignés par Eble sous le nom de poils du tact (*Tast Haare*); c'est ce fait que je désirerais compléter aujourd'hui.

Ces organes ont déjà été étudiés par plusieurs auteurs; ainsi Albinus, Buffon, Hensinger, Eble en ont parlé, et l'on pourra trouver dans ce dernier (2) un résumé des connaissances acquises jusqu'à lui sur cette question. Mais presque tous se sont plutôt occupés de la partie extérieure, apparente, du poil en négligeant le follicule, dont cependant l'étude présente un grand intérêt et est beaucoup plus importante. D'ailleurs l'imperfection des moyens d'étude qu'ils pouvaient employer les a empêchés de voir tous les détails de structure, et depuis je ne connais aucun auteur qui ait repris ce sujet.

Ces poils n'existent que chez les Mammifères, et encore avec un développement très variable suivant les espèces. Ils sont situés à la face, spécialement autour de l'ouverture buccale; il en existe parfois quelques-uns à l'angle antérieur de l'œil, mais le plus grand nombre se rencontre à la lèvre supérieure de chaque côté des narines; aussi sont-ils généralement connus sous le nom de *moustaches*.

Ces organes ont un but physiologique très évident, c'est de servir au tact. On sait que chez le Chat, par exemple, les moustaches jouissent d'une grande sensibilité. Leur développement suivant les mœurs de l'animal indique aussi quelles sont leurs fonctions; ils sont plus développés chez les animaux nocturnes, comme le Renard, le Chat, certains petits Rongeurs, que chez ceux qui se meuvent pendant le jour comme le Chien. On peut, au reste, se rendre compte de l'emploi qu'en fait l'animal en observant une Souris on un Rat albinos placé au grand jour, cas dans lequel l'animal est à peu

(1) Essai sur le système pileux dans l'espèce humaine. Paris, Thèses, 9 août 1861, p. 68.

(2) Voy. Eble. Lehre von den Haaren, t. I, p. 184 et suiv.

près complétement aveugle ; on le voit alors mouvoir ses lèvres et ses moustaches en tous sens et reconnaître par le contact la présence des corps qui pourraient gêner sa marche. On doit aussi remarquer que ces poils manquent dans l'espèce humaine, où la main sert spécialement au toucher ; ils sont aussi rudimentaires ou nuls (autant qu'on peut en juger par le poil rigide, partie apparente de l'organe) chez les Singes élevés, tandis qu'ils sont développés chez les Singes inférieurs et dans le reste de la classe des Mammifères ; or, dans tous ces animaux, c'est à la lèvre que se trouve le tact le plus parfait. Enfin les rapports anatomiques des bulbes de ces poils montrent combien grande doit être leur sensibilité, car, et cela est surtout très évident chez certains animaux comme le Chat, ils sont pour ainsi dire plongés dans un riche plexus nerveux, formé par le rameau sous-orbitaire du maxillaire supérieur.

La structure anatomique de ces poils, non moins que leurs fonctions, les différencie des poils ordinaires.

Dans ces derniers, comme les cheveux de l'Homme, la crinière du Cheval, on sait que l'on rencontre, outre la tige du poil et son renflement inférieur ou bouton, trois gaînes concentriques constituant ce qu'on appelle le follicule et qui sont, en allant de dedans en dehors : 1° la gaîne vaginale interne ; 2° la gaîne vaginale externe ; 3° la membrane propre du follicule.

Pour plus de détails à ce sujet, on peut consulter les travaux de Henle, de Köliker, de M. Chapuis et la thèse citée plus haut, où j'ai discuté les opinions de ces auteurs.

Les poils du tact présentent ces différentes parties, mais avec quelques modifications que nous avons trouvées toujours les mêmes dans les animaux que nous avons pu examiner (Chien, Chat, Lapin, Cochon d'Inde, Rat, Souris, Cheval).

Et d'abord, le volume et la forme du follicule frappent au premier coup d'œil. Ses dimensions sont relativement considérables, il n'a souvent pas moins de trois à quatre millimètres de long sur un millimètre, un millimètre et demi de large. Au lieu d'être régulièrement cylindrique, il est ovoïde, fusiforme. Enfin, son aspect même est tout différent de celui des poils ordinaires. Tandis que le follicule de ceux-ci se dis-

tingue à peine des tissus environnants, celui des poils du tact est comme revêtu d'une enveloppe fibreuse, d'un tissu serré, blanc nacré, comparable à certains égards, comme je l'ai dit ailleurs, à la tunique albuginée du testicule ou à la sclérotique. L'extrémité profonde du follicule est rougeâtre et d'un tissu moins dense.

Si l'on examine le follicule d'un de ces poils rendu transparent ou par la glycérine, ou par le baume du Canada, la térébenthine de Venise, on peut facilement, à un grossissement médiocre de 30 à 50 diamètres, y reconnaître la structure suivante :

Autour de la tige du poil roide, arrondie, présentant comme d'ordinaire un renflement inférieur, qui coiffe la papille, se voit une gaîne transparente que son aspect, sa structure et ses rapports font facilement reconnaître pour la *gaîne vaginale interne*. Comme dans les poils ordinaires, elle se termine supérieurement en biseau avant d'atteindre l'orifice des glandes sébacées, elle finit en bas en mourant autour du bouton.

La *gaîne vaginale externe* se trouve en dehors de la précédente, et, dans ses rapports, affecte absolument la position de la gaîne vaginale externe des poils ordinaires. Elle est, d'une part, en continuité apparente avec le tube épidermique en haut, et, d'autre part, s'amincit et disparaît en bas au niveau du sommet du bouton. Seulement, au lieu d'être simplement cylindrique, elle se renfle au-dessous des glandes sébacées, en sorte que sa forme générale est celle d'une massue dont la grosse extrémité serait tournée en haut.

Mais c'est la *membrane propre du follicule* qui présente les modifications les plus remarquables. Elle se divise en deux feuillets, l'un, immédiatement appliqué sur le corps, formé par la tige du poil revêtue de ses gaînes vaginales ; l'autre, placé à distance du précédent et en continuité avec lui en haut ; ce dernier n'est autre chose que la paroi externe, résistante, du follicule. Cette membrane propre affecte donc ici une disposition comparable à celle d'une séreuse, elle aurait un feuillet viscéral et un feuillet pariétal entre lesquels serait un espace libre ou sinus. Ces deux feuillets sont reliés entre eux par des trabécules fins de tissu conjonctif étendus irrégulièrement de

l'un à l'autre, et qui, en même temps qu'ils empêchent un trop grand écartement des parois, divisent le sinus en loges incomplètes. Ces cavités sont occupées par du sang bien reconnaissable aux globules qu'on y trouve ; j'y ai aussi rencontré des cristaux d'hémine dans un cas, et une injection fine poussée par les artères y arrive facilement.

Les vaisseaux pénètrent d'ordinaire le follicule par sa partie profonde ; cependant nous les avons vus parfois traverser la paroi latérale. Quant aux nerfs, ils arrivent aussi au fond du follicule et assez volumineux, mais jusqu'ici nous n'avons pu voir de quelle façon ils y entrent et s'y terminent.

Les glandes sébacées dans les poils du tact sont peu volumineuses ; il y en a souvent deux ou trois. Toujours, chose remarquable, elles sont contenues dans l'intérieur du follicule, dans l'épaisseur de la membrane propre.

Resterait à chercher quel est l'usage de ce sinus sanguin. En considérant ce tissu formé de cellules communiquant les unes avec les autres, où le sang pénètre librement et en abondance, on est tenté de voir là une sorte de corps caverneux, de tissu érectile. Un appareil de ce genre, en donnant au poil une position plus fixe, doit, on le conçoit, favoriser singulièrement ses fonctions et donner à la sensation plus d'exactitude. On peut aussi admettre que le poil, plongé dans le fluide sanguin du sinus, peut s'y mouvoir dans différents sens et agir ainsi par traction sur le nerf qui le pénètre sans doute vers la papille.

En résumé, les poils des moustaches des animaux présentent des modifications de forme, de structure, qui en font des organes à part, et la différence principale consiste dans la présence d'un sinus sanguin (probablement érectile) contenu dans l'épaisseur de la membrane propre du follicule, ce qui paraît en rapport avec la fonction de ces poils spécialement destinés au toucher, et qu'on peut, par cette raison, appeler *poils du tact*.

Séance du 22 mars 1862.

Météorologie. *Pluie.* — M. Hervé Mangon a communiqué dans cette séance la note suivante :

Les pluviomètres ordinairement employés font connaître le volume d'eau recueilli dans un temps donné sur une surface

déterminée. En général, on observe l'instrument une fois par jour, sans se préoccuper si le volume d'eau obtenu est tombé en une ou plusieurs fois, en quelques minutes ou en plusieurs heures.

Ces instruments ne fournissent donc aucune indication sur le volume des gouttes de pluie, sur leur nombre, sur la direction de leur chute, ni sur la marche des ondées, etc. J'ai appelé l'attention il y a déjà longtemps sur l'importance de ces éléments du phénomène de la pluie et j'ai fait connaître les instruments que j'emploie pour les observer. Je ne reviendrai pas aujourd'hui sur ce sujet, je me bornerai à une simple remarque relative à la fréquence des ondées.

Le nombre et la distribution des pluies exercent sur la nature et le développement des récoltes une influence prépondérante qui n'est pas en rapport avec le volume absolu de l'eau recueillie dans les pluviomètres. La quantité moyenne annuelle de pluie tombée à Paris et à Marseille, par exemple, est à peu près la même, et personne assurément ne prétendra que l'on doit rapprocher deux climats aussi dissemblables. Mais si l'on tient compte du nombre des jours de pluie qui est près de trois fois plus grand à Paris qu'à Marseille, on commence à comprendre la différence que présentent au point de vue qui nous occupe ces deux localités, et on le comprendrait encore mieux, je n'en doute pas, si l'on comparaît entre eux, non pas les nombres de jours de pluie, mais les nombres d'ondées tombées dans chacune de ces deux villes.

Pour caractériser un climat au point de vue de la pluie, le volume d'eau tombé annuellement est donc une donnée insuffisante ; il faut y ajouter le nombre et la durée des ondées et de plus, bien entendu, la répartition de ces ondées dans les diverses saisons.

Ces observations s'exécutent facilement à l'aide de mon pluvioscope à cadran. Il serait impossible de reproduire les dix-neuf mois d'observations que je possède déjà. Je me bornerai à résumer seulement rapidement les chiffres obtenus.

Dans la cour où se trouve l'instrument, il est tombé du 1er septembre 1860 au 28 février 1862, 873 ondées le jour, et 763 la nuit, en tout 1636, réparties sur 261 journées plu-

vieuses. La durée de la pluie a été de 370^h59^m le jour, de 341^h1^m pendant la nuit, en tout de 712^h. La durée moyenne des ondées a été de 25^m environ Enfin le rapport de la durée de la pluie au temps total a été de 0,0673 le jour, de 0,0489 la nuit, et en tout de 0,0543.

La plus longue durée de pluie en 24^h a été de 18^h30^m, le 11 octobre 1860. La plus longue ondée a eu lieu le 27 juillet 1861, elle a duré 2^h55^m sans interruption. Le plus grand nombre d'ondées en 24 heures a été de 21, le 8 juillet 1861.

Chimie organique. — La note suivante, relative à diverses recherches de chimie organique, a été communiquée aussi par MM. Berthelot et L. Péan de Saint-Gilles.

Au moment de publier les détails de nos recherches sur les éthers, nous croyons utile de signaler les procédés nouveaux mis en œuvre pour purifier quelques-uns des corps employés dans nos expériences, ainsi que certaines méthodes d'analyse qui ont pour objet soit de contrôler la pureté de ces corps, soit d'analyser les produits de leur réaction.

1 *Préparation de l'alcool ordinaire à l'état rigoureusement anhydre.* — La seule méthode à notre connaissance qui permette d'atteindre ce résultat en fournissant un moyen de contrôle est la suivante :

L'alcool du commerce est traité d'abord par la chaux vive, puis mis en contact avec un excès de baryte anhydre. Lorsque toute l'eau dissoute par l'alcool a été absorbée par la baryte, le liquide prend une teinte jaune qui est le signe constant de la dissolution d'une certaine quantité de baryte : la moindre trace d'eau suffit pour empêcher cette dissolution. On décante alors, puis on distille au bain-marie la partie liquide ; on recueille le produit dans des vases parfaitement secs, et on obtient de l'alcool rigoureusement anhydre. Pour plus de sûreté, il est bon de le conserver dans des tubes scellés et presque pleins

2. *Préparation de l'alcool éthalique (éthal)* $= C^{32}H^{34}O^4$. — Voici le meilleur procédé de préparation que nous connaissions : 1000 grammes de blanc de baleine ont été saponifiés par 200 grammes de potasse caustique dissous dans 500 grammes d'alcool. Le mélange porté à la température de 60° à 80°

forme un liquide transparent et homogène ; nous l'avons chauffé pendant quarante-huit heures (1) au bain-marie, dans un matras (muni d'un serpentin), qui condensait et faisait refluer les vapeurs d'alcool dans l'appareil.

On a ainsi obtenu un mélange de savon de potasse et d'éthal, susceptible de se dissoudre à chaud dans l'alcool.

La solution alcoolique bouillante a été versée dans une solution aqueuse tiède de chlorure de calcium, pour changer le sel potassique en sel calcaire. On a recueilli sur une toile le précipité (mélange de savon calcaire et d'éthal) ; il a été lavé à l'eau, desséché à une chaleur de 40 à 50°, puis traité par l'alcool bouillant dans un appareil d'épuisement. L'alcool dissout l'éthal et laisse le sel calcaire. — On évapore ensuite l'alcool jusqu'à séparation de la plus grande partie de l'éthal, sous la forme d'une couche huileuse, qui ne tarde pas à se solidifier par refroidissement. On fait bouillir l'éthal avec de l'eau renouvelée à plusieurs reprises, pour éliminer le reste de l'alcool. — Cela fait, l'éthal a été redissous dans l'éther chaud (2). Comme il était très-légèrement jaunâtre, on a fait digérer la solution éthérée tiède avec du noir animal : par refroidissement une grande partie de l'éthal s'est séparée en cristaux d'une parfaite blancheur ; on les a isolés ; puis on a distillé l'eau-mère éthérée, ce qui a fourni une nouvelle proportion d'éthal. L'éthal a été ensuite refondu deux fois sur de l'eau distillée bouillante, renouvelée à plusieurs reprises par décantation, et le tout abandonné chaque fois à un refroidissement lent. Cela fait, on a essuyé l'éthal solidifié avec du papier joseph, on a gratté légèrement la surface inférieure pour enlever quelques traces de poussières insolubles, et on a introduit l'éthal dans un flacon à large goulot qui a été placé, tout ouvert, sous une cloche à côté de l'acide sulfurique. Au bout de quelques semaines l'éthal est parfaitement sec. En suivant la marche qui vient d'être décrite, on obtient un produit très beau et très pur.

3. *Ethers amyliques.* — La méthode des distillations fractionnées est insuffisante pour purifier d'une manière complète

(1) Ce temps est probablement trop long.

(2) Nous avons vérifié en passant que cette solution ne possède pas de pouvoir rotatoire.

la plupart des éthers dérivés de l'alcool amylique. Ces éthers en effet renferment toujours une certaine proportion d'alcool amylique libre, dont le point d'ébullition est en général assez rapproché du leur, au moins pour les éthers que nous avons expérimentés.

Pour enlever cet alcool nous avons employé l'acide acétique étendu de son poids d'eau. L'acide acétique ainsi dilué jouit de la propriété de dissoudre l'alcool amylique en toutes proportions, tandis qu'il ne dissout presque pas l'éther neutre. On réitère plusieurs fois ce traitement en agitant vivement le mélange, et l'on débarrasse ensuite l'éther neutre de l'acide acétique qu'il retient au moyen d'une dissolution de carbonate de soude ; après l'avoir lavé à l'eau pure, on le dessèche au moyen du sulfate de cuivre déshydraté réduit en poudre fine. — Puis on rectifie à point fixe.

4. *Essai des acides organiques.* — Après avoir préparé et purifié les acides organiques par les méthodes connues, il est essentiel de vérifier si l'on a bien atteint le résultat cherché. L'analyse élémentaire peut servir de contrôle à cet égard; mais il est une autre épreuve tout aussi certaine et même plus sensible dans la plupart des cas : nous voulons parler de la détermination de l'équivalent. Elle est d'autant plus importante que la plupart de nos résultats sont fondés sur des rapports d'équivalents.

Parmi les méthodes connues que l'on peut employer, l'une des plus sensibles et des plus certaines consiste dans le dosage alcalimétrique; ce dosage met immédiatement en évidence la présence d'impuretés, même en proportion très-faible; il accuse, par exemple, la proportion de quelques centièmes d'eau, avec plus de sensibilité que l'analyse centésimale. Or la présence de l'eau était particulièrement nuisible dans nos expériences. Voici les détails du procédé. tel que nous l'employons.

La plupart des acides solubles dans l'eau se titrent fort aisément au moyen d'une dissolution normale d'eau de baryte. La solution de baryte présente de grands avantages sur la solution de potasse, en ce qui touche le dosage des acides organiques. En effet la potasse laisse presque toujours quelque incertitude, en raison de la présence à peu près inévitable du

carbonate de potasse, et à cause de l'alcalinité plus ou moins prononcée des sels qui résultent de son action, tels que l'acétate de potasse et analogues. Avec la baryte, au contraire, le terme du dosage, accusé par le virement de couleur de la teinture de tournesol, est d'une netteté presque toujours suffisante. Il est facile d'ailleurs, dans les cas qui paraissent un peu douteux, comme il arrive parfois avec les acides valérique ou butyrique, d'apprécier le terme de la saturation en comparant la teinte de l'essai à celle d'une liqueur alcaline employée comme témoin et colorée par la même quantité de tournesol. On doit pousser la saturation jusqu'à l'identité de teinte. Enfin la solution de baryte, n'introduisant aucune substance étrangère dans les liqueurs, se prête mieux que les autres liqueurs alcalines, généralement moins pures, aux contre-épreuves ultérieures. — On pourra juger de l'exactitude de cette méthode par le tableau suivant, qui présente les résultats d'une série de dosages comparatifs effectués au moyen d'une liqueur de baryte. Cette liqueur avait été titrée préalablement en déterminant le poids du sulfate de baryte qu'elle pouvait fournir sous un volume donné. Les nombres placés dans la première colonne, en regard des noms des acides soumis à cet examen, indiquent les poids respectifs de ces acides qui ont été employés pour saturer un même volume d'eau de baryte; ceux de la deuxième colonne indiquent les poids équivalents de ces mêmes acides, calculés en proportion du poids de sulfate de baryte fourni par ce même volume de liqueur alcaline.

Noms des acides.	Equivalent d'après l'expérience.	Equivalent d'après le calcul.	Diff.
Acide oxalique, bibasique (1),	45,5	45($\frac{1}{2}$ éq.)	+0,5.
— succinique, bibasique,	59,3	59($\frac{1}{2}$ éq.)	+0,3.
— acétique, monobasique,	60,3	60(1 éq.)	+0,3.
— citriq. (déshydraté), tribasique,	65,0	64($\frac{4}{3}$ éq.)	+1,0.
— pyrotartrique, bibasique,	66,6	66($\frac{1}{2}$ éq.)	+0,6.
— citr. (à 2 éq. d'eau), tribasiq.,	70,1	70($\frac{1}{3}$ éq.)	+0,1.
— tartrique, bibasique,	75,7	75($\frac{1}{2}$ éq.)	+0,7.

(1) Cet acide retenait probablement un peu d'eau de cristallisation.

— butyrique, monobasique (1),	86,4	88 (1 éq.)	—1,6.
— sébacique, bibasique,	102,1	101 (½ éq.)	+1,0.
— valérique, monobasique (2),	100,6	102 (1 éq.)	—1,4.
— benzoïque, monobasique,	122,1	122 (1 éq.)	+0,1.
Sulfate de baryte,	116,5	116,5	0 .

On voit dans quelles limites le procédé que nous avons employé permet de contrôler la composition et la pureté des divers acides par la vérification de leur équivalent chimique.

5. *Essai des éthers.* — L'emploi des liqueurs titrées nous a également servi à contrôler la composition des éthers sur lesquels nous opérions. Les éthers employés ne pouvaient pas renfermer la moindre trace d'acide libre, d'après les procédés de préparation (3); mais on aurait pu y soupçonner la présence d'une certaine proportion d'alcool, dont la recherche qualitative est dans ce cas presque impossible, s'il est peu abondant, et dont la présence peut cependant troubler complétement le sens général des phénomènes que nous étudions. Dès lors, il est indispensable de faire usage d'une méthode d'analyse quantitative qui détermine avec précision la proportion relative de l'acide qui a servi à constituer l'éther, et, par suite, la composition vraie de cet éther lui-même.

La marche que nous avons suivie étant fondée sur le même principe pour tous les éthers, il nous suffira de décrire une fois pour toutes l'une de ces analyses. Dans tous les cas, d'ailleurs, cette marche est la même que celle qui a été employée tant de fois, depuis dix ans, par l'un de nous, dans l'étude des corps gras neutres et des composés formés par la mannite et les autres principes sucrés. Voici des détails :

Analyse de l'éther éthylbenzoïque. — L'éther éthylbenzoïque a été introduit dans un petit matras avec un volume connu d'eau de baryte titrée préalablement. Le col du matras a été ensuite étiré, puis scellé à la lampe. Le matras a été chauffé pendant 24 heures au bain-marie, après quoi on l'a ouvert, et l'on a constaté que l'éther benzoïque avait complétement

(1) Le butyrate de baryte offre une légère réaction alcaline.

(2) Même observation pour le valérate.

(3) Nous avons constamment vérifié que les éthers employés n'exerçaient aucune action sur la rotatiou bleue de tournesol.

disparu : non-seulement on n'apercevait plus la moindre trace de matière huileuse, mais l'odeur n'existait plus. A ce moment, d'ailleurs, le contenu du matras présentait encore une forte réaction alcaline. L'excès de baryte a été saturé par un mélange titré d'acide sulfurique, et l'on a mesuré le volume de cet acide qui a dû être employé pour ramener au rouge la teinture bleue de tournesol. Le volume correspondant à l'acide sulfurique employé a fourni par un calcul direct le poids de l'acide benzoïque régénéré par l'éther, et par suite le poids de cet éther. Voici les nombres :

Titre de l'eau de baryte : 100^{cc} renfermant 1^{gr},430 Ba O		
Volume total de l'eau de baryte introduite dans le matras,	62^{cc},2	
Volume correspondant à la baryte titrée à la fin de l'expérience, c'est-à-dire à l'acide sulfurique ajouté	23^{cc},2	
Volume neutralisé pendant l'expérience, c'est-à-dire correspondant à l'acide benzoïque régénéré,	39,0	
Poids de l'éther benzoïque employé réellement.		1,090
Poids de l'éther benzoïque calculé d'après les données ci-dessus.		1,093

Séance du 15 avril 1862.

CHIMIE. *Influence du temps sur la formation et sur la décomposition des éthers qui résultent de la combinaison des divers acides avec un même alcool et d'un même acide avec divers alcools.* — Sous ce titre, communication a été faite à la Société de la note suivante par MM. Berthelot et L. Péan de Saint-Gilles.

On sait depuis longtemps que certains acides présentent des aptitudes fort diverses à l'éthérification, que réciproquement certains éthers résistent plus ou moins énergiquement à l'action de l'eau et à celle des alcalis. Cette notion est d'ailleurs restée fort vague, et l'on ne saurait conclure de l'énoncé des faits assez peu précis sur lesquels elle s'appuie jusqu'à présent, quelle est sa signification véritable, dans quelles limites il est permis de s'en servir, soit pour prévoir la vitesse des réactions, soit pour calculer les proportions pondérales qui corres-

pondent à l'état d'équilibre. Nous ne traiterons aujourd'hui que la première des deux questions que nous venons de poser; la seconde rentre dans le cadre d'une autre partie de nos recherches. Nous rappellerons d'ailleurs qu'en publiant le rséumé très sommaire de cette partie (1), nous avons annoncé que les mélanges formés en proportions équivalentes tendent tous sensiblement vers un même état d'équilibre final. La connaissance de cette loi générale ajoute un nouvel intérêt aux différences ou aux analogies que présentent les divers acides et les divers alcools, considérés sous le rapport de la durée plus ou moins longue de leurs réactions.

Nous nous proposons d'examiner successivement le phénomène sous les deux points de vue réciproques qu'il peut offrir, nous voulons dire sous le point de vue de la formation des éthers (action d'un acide sur un alcool) et sous celui de leur décomposition (action de l'eau sur un éther).

Formation des éthers.

I. Nous parlerons d'abord de la combinaison d'un même alcool avec divers acides.

1. Les résultats que nous allons énoncer méritent quelque attention, car ils révèlent de profondes dissemblances entre les corps doués d'une même fonction chimique, et sont à certains égards en opposition complète avec les idées généralement admises.

Rappelons d'abord, pour mieux marquer cette opposition, les opinions les plus répandues sur les degrés comparés des affinités de l'acide butyrique et de l'acide acétique pour l'alcool. L'acide butyrique passe pour un des acides les plus faciles à éthérifier, et, dans leur important mémoire sur l'acide butyrique, MM. Pelouze et Gélis ont insisté avec raison sur cette propriété remarquable. Berzelius la mentionne également, et fait en même temps ressortir la résistance que, suivant lui, les acides acétique et formique opposeraient à l'éthérification. Nous croyons utile d'emprunter les citations suivantes à son *Traité de chimie* (édition française, 1850).

(1) Comptes rendus, t. III, p. 474.

Nous trouvons d'abord, tome VI, page 650 :

« Bien que l'acide formique excessivement concentré soit » propre à catalyser l'alcool, la production du formiate éthy- » lique ne s'effectue cependant que difficilement, et l'on n'en » obtient qu'une petite quantité. »

Un peu plus loin, page 652 :

« Sur la faculté de l'acide acétique de catalyser l'alcool, on « peut répéter ce qui a été dit à l'histoire de l'éther formique; « cependant cette faculté catalysante est *un peu moins* pro- « noncée que dans l'acide formique. »

Enfin, page 667 :

« L'éther butyrique s'obtient très facilement... Il est d'au- « tant plus difficile à décomposer par les alcalis, que sa pré- « paration a été *plus facile* que celle des autres éthers. »

2. Or voici maintenant les résultats numériques de nos expériences. Nous avons comparé la formation des éthers acétique, butyrique, valérique et stéarique, tous appartenant à une même série ; l'éther formique, trop altérable, ne s'est pas prêté à des dosages exacts.

Nous avons formé deux mélanges à équivalents égaux, l'un d'alcool et d'acide acétique, l'autre d'alcool et d'acide butyrique. Ces mélanges ont été introduits dans des tubes scellés, puis chauffés simultanément à 100° pendant 5 heures. Ils ont alors présenté la composition suivante :

	Désignation des mélanges.	Proportion d'acide éthérifié en centièmes du poids de l'acide primitif.
1°	1 équivalent d'alcool 1 équivalent d'acide acétique	31,0
2°	1 équivalent d'alcool 1 équivalent d'acide butyrique	17,1

Cet exemple établit clairement que la combinaison de l'acide acétique est beaucoup plus rapide que celle de l'acide butyrique. Il prouve en outre une fois de plus toute l'incertitude qui résulterait de l'emploi exclusif de caractères purement extérieurs, tels que l'odeur plus ou moins sensible d'une substance volatile; en effet, le premier de nos mélanges, celui où s'était formée la plus forte proportion d'éther, exhalait seule-

ment une odeur pénétrante d'acide acétique ; dans le second, au contraire, l'odeur de l'éther butyrique dominait complétement celle de l'acide. Telle est apparemment la cause de l'erreur qui s'était accréditée jusqu'à présent sur ce sujet. La solubilité de l'éther acétique dans l'eau alcoolisée, bien plus marquée que celle de l'éther butyrique, et la décomposition par les solutions alcalines, plus rapide pour l'éther acétique que pour l'éther butyrique, achèvent d'expliquer l'opinion générale.

3. Guidés par ce premier résultat, nous avons cru devoir établir un parallèle entre la vitesse de combinaison de l'acide acétique vis-à-vis de l'alcool, et celle d'un autre acide de la même série homologue, l'acide valérique. La comparaison a été faite à la température ambiante; nous avons opéré sur deux mélanges, formés, comme les précédents, à équivalents égaux. Nous avons prolongé le contact pendant 277 jours, et dans cet intervalle de temps, nous avons analysé les mélanges deux à deux, à cinq reprises différentes.

Durée du contact, en jours.	Proportions d'acide neutralisé, en centièmes.	
	Acide acétique.	Acide valérique.
22	14,0	3,2
72	38,3	18,0
128	46,8	21,8
154	48,1	22,8
277	53,7	31,4

Ces résultats établissent entre l'acide acétique et l'acide valérique une différence encore plus sensible qu'entre le premier de ces acides et l'acide butyrique. C'est ici le lieu de rappeler une ancienne expérience de l'un de nous (1), d'après laquelle l'acide stéarique et l'alcool, chauffés à 100° pendant une centaine d'heures, n'ont fourni que des traces à peine sensibles d'éther neutre.

Nous croyons donc pouvoir énoncer la proposition suivante, qui résume l'ensemble de nos observations : pour les acides d'une même série $C^{2n}H^{2n}O^4$, la vitesse de la combinaison est d'autant moindre que l'équivalent est plus considérable.

4. Comme complément de ce qui précède, nous citerons une comparaison analogue effectuée entre deux acides appartenant

(1) Annales de Chimie et de Physique, 3e série, t. XLI, p. 441.

à des séries différentes, tels que l'acide acétique et l'acide benzoïque. Ici la différence est encore très prononcée, et l'acide acétique, dont l'équivalent est moindre, l'emporte toujours sous le rapport de la vitesse de combinaison.

Les deux mélanges ont été chauffés pendant 5 heures à la température de 180°. Ils ont donné les résultats suivants à l'analyse.

	Désignation des mélanges.	Proportion de l'acide neutralisé, en centièmes.
1°	1 équivalent d'acide acétique 1 équivalent d'alcool	64,8
2°	1 équivalent d'acide benzoïque 1 équivalent d'alcool	49,0

5. Nous n'avons parlé jusqu'ici que des acides monobasiques; si nous les rapprochons maintenant des acides polybasiques, au point de vue des affinités manifestées vis-à-vis de l'alcool, nous aurons à signaler encore une remarque assez importante. En ce qui concerne l'équilibre final de la réaction, il résulte de nos recherches que la neutralisation partielle de l'acide atteint toujours sensiblement la même limite et que, sous ce point de vue, les acides monobasiques et polybasiques ne diffèrent pas entre eux. Mais il n'en est pas de même de la vitesse des réactions, qui présentent ici encore des écarts considérables. En général on peut observer que la combinaison des acides polybasiques avec l'alcool s'opère plus rapidement que celle des acides monobasiques dont l'équivalent leur est comparable. En voici un exemple fondé sur la comparaison de l'acide acétique, monobasique, avec l'acide tartrique, bibasique, et avec l'acide citrique, tribasique. L'équivalent de l'acide acétique étant 60, celui de l'acide tartrique est 150, et correspond à 2 équivalents = 120 d'acide acétique; celui de l'acide citrique, 192, correspond à 3 équivalents = 180 d'acide acétique. On voit que les équivalents de ces trois acides sont à peu près comparables. Quelques explications sont encore indispensables. En premier lieu, l'acide tartrique, dont l'équivalent correspond à la formule $C^8H^6O^{12}$, fonctionne comme deux équivalents d'un acide monobasique : il emploierait par conséquent deux équivalents d'alcool pour être

complétement neutralisé. De son côté l'acide citrique $C^{12}H^8O^{14}$ équivaut à trois équivalents d'acide monobasique et exigerait 3 équivalents d'alcool pour être neutralisé.

On voit donc que, pour faire réagir sur les trois acides en question des proportions équivalentes d'alcool, il faudra doubler celle qui correspond à l'acide tartrique, et tripler celle qui correspond à l'acide citrique. Ce n'est pas tout : on sait que les acides tartrique et citrique, étant solides et cristallisés, ne se dissolvent pas dans l'alcool en toutes proportions. Or, la comparaison que nous nous sommes proposée ne saurait être concluante que dans le cas où les trois mélanges sont entièrement homogènes. Nous avons donc eu soin d'ajouter l'alcool en quantité suffisante pour tout dissoudre : les poids employés vont être énoncés.

D'après ces données, la composition initiale de nos mélanges a été ainsi établie :

1° { 1 équivalent acide acétique $= C^4H^4O^4$
{ $2\frac{1}{2}$ équivalents alcool $= 2\frac{1}{2}(C^4H^6O^2)$

2° { 1 équivalent acide tartrique $= C^8H^6O^{12}$
{ 5 équivalents alcool $= 5(C^4H^6O^2)$

3° { 1 équivalent acide citrique $= C^{12}H^8O^{14}$
{ $7\frac{1}{2}$ équivalents alcool $= 7\frac{1}{2}(C^4H^6O^2)$

Les mélanges ont été chauffés à 100° et nous les avons analysés à deux reprises différentes, après 2 heures $\frac{1}{2}$ et après 5 heures de contact.

Durée du contact.	Proportion de l'acide neutralisé, en centièmes.		
	Acide acétique.	Acide tartrique.	Acide citrique.
$2\frac{1}{2}$ heures	29,3	45,0	32,3
5 heures	33,5	54,7	48,6

Il résulte de ce tableau que l'acide tartrique, bibasique, est celui des trois acides employés dont l'affinité pour l'alcool s'exerce le plus rapidement.

II. Nous passerons maintenant à la combinaison d'un même acide avec divers alcools.

1. L'acide que nous avons choisi comme terme général de comparaison est l'acide acétique. Nous l'avons d'abord fait réagir sur les alcools de la série principale $C^{2n}H^{2n+2}O^2$.

L'alcool éthylique et l'alcool amylique ont été mélangés à équivalents égaux avec l'acide acétique, et les deux mélanges, abandonnés à la température ambiante, ont été analysés chacun cinq fois dans l'espace de 277 jours.

Durée du contact en jours.	Proportions d'alcool éthérifié, en centièmes.	
	Alcool éthylique.	Alcool amylique.
22	14,0	12,6
72	38,3	37,2
128	46,8	45,0
154	48,1	47,6
277	53,7	55,5

Les deux alcools présentent, comme on voit, une concordance fort remarquable, qui s'est maintenue pendant toute la durée d'un contact très-prolongé. Elle est d'autant plus utile à signaler que les poids équivalents de ces alcools diffèrent presque du simple au double ($C^4 H^6 O^2 = 46$ et $C_{10} H^{12} O^2 = 88$), et qu'elle donne lieu en outre au contraste très-frappant que voici : les acides acétique et valérique d'une part, $C^4H^4O^4$ et $C^{10}H^{10}O^4$, les alcools éthylique et amylique d'autre part, $C^4H^6O^2$ et $C^{10}H^{12}O^2$, sont les termes correspondants de deux séries entièrement parallèles, la série acide $C^{2n}H^{2n}O^4$ et la série alcoolique $C^{2n}H^{2n+2}O^2$. Or, si l'on se reporte à la comparaison que nous avons faite plus haut entre les vitesses de combinaison des acides acétique et valérique, dans des conditions exactement les mêmes, on constate une différence profonde qui ne se retrouve plus entre les deux alcools correspondants, éthylique et amylique. Il résulte de là que la formation des éthers métamères, éthylvalérique et amylacétique, s'opère avec des vitesses très dissemblables.

A la température de 100°, l'analogie que nous venons de signaler se reproduit avec la même netteté; en effet, deux mélanges chauffés pendant quatre heures ont fourni à l'analyse les résultats suivants :

	Désignation des mélanges.	Proportion d'alcool éthérifié, en centièmes.
1°	1 équivalent acide acétique 1 équivalent alcool éthylique	24,9
2°	1 équivalent acide acétique 1 équivalent alcool amylique	25,0

2. Il sera intéressant de comparer maintenant l'alcool éthylique à un autre alcool plus éloigné encore, dans la même série $C^{2n}H^{2n}+{}^{2}O^{2}$, tel que l'alcool éthalique (éthal). Les poids équivalents de ces deux alcools diffèrent comme les nombres 46 et 242, ou comme 1 : 5 $\frac{1}{4}$. Ici cependant, nous constaterons un nouveau rapprochement semblable au précédent et qui nous paraît encore plus curieux; les légères variations que nous avons observées entre les vitesses de combinaison sont tout à fait insignifiantes, surtout si on les met en regard des différences profondes qui caractérisent les acides correspondants de la série parallèle $C^{2n}H^{2n}O^{4}$. On en jugera par l'expérience suivante :

Durée du contact en heures	Proportion d'alcool éthérifié, en centièmes.	
	Alcool éthylique	Alcool éthalique
9h	41,2	38,7
40h	59,8	63,7

Cette analogie est d'autant plus frappante que les tensions de vapeur des deux systèmes sont extrêmement différentes.

3. Ces analogies ne se retrouvent plus lorsqu'on veut comparer entre eux des alcools appartenant à des séries différentes. Nous citerons deux expériences effectuées, l'une, sur les alcools éthylique et cholestérique (cholestérine $= C^{52}H^{44}O^{2}$), l'autre, sur les alcools éthylique et mentholique (menthol de M. Oppenheim $= C^{20}H^{20}O^{2}$).

Durée du contact en heures. (100°)	Proportions d'alcool éthérifié, en centièmes.		
	Alcool éthylique.	Cholestérine.	
9h	41,2	17,5	
40h	59,8	34,1	
Durée du contact, en heures. (100e)	Alc. éthylique.		Menthol.
5h	24,8	«	5,2
10h	43,7	«	11,1

La cholestérine et le menthol se combinent donc plus lentement que l'alcool ordinaire; mais on peut constater encore ici que le poids absolu de l'équivalent n'influe pas sur la vitesse de combinaison des alcools; le menthol est en effet celui des trois

alcools qui réagit le plus difficilement, et cependant son équivalent se représente par 156, tandis que celui de la cholestérine s'élève à 372.

En terminant ce sujet, nous signalerons un résultat de sens inverse aux précédents et qui est fondé sur la comparaison d'un alcool monoatomique avec un alcool polyatomique, nous voulons dire de l'alcool éthylique avec la glycérine. D'après nos observations, la glycérine $C^6H^8O^6$, mélangée avec l'acide acétique à équivalents égaux, fonctionne comme un alcool monoatomique et tend vers la même limite d'équilibre que l'alcool éthylique $C^4H^6O^2$. Mais on verra par l'expérience suivante, réalisée à la température ambiante, que l'affinité de la glycérine pour l'acide acétique s'exerce plus rapidement que celle de l'alcool.

Durée du contact, en jours.	Proportions d'alcool éthérifié, en centièmes.	
	Alcool éthylique.	Glycérine.
132	46,8	56,1

Décomposition des éthers.

Sous ce titre, nous envisageons spécialement les phénomènes qui se produisent au contact de l'eau avec les éthers. Ces phénomènes sont réciproques à ceux qui résultent de la réaction des acides sur les alcools, et, pour les mélanges dont la composition est équivalente, ils tendent, comme ceux-ci, vers un même équilibre final. Bien qu'ils présentent en somme un intérêt tout semblable, nous les avons soumis à des expériences moins variées, nous bornant à établir leur sens général et leurs corrélations essentielles avec l'ensemble de nos recherches. Le principal obstacle que nous ayons rencontré dans leur étude comparée, est la difficulté qu'on éprouve à former des mélanges homogènes; presque tous les éthers sont insolubles dans l'eau, du moins en proportion notable, et cette circonstance s'oppose à ce qu'on puisse nettement définir les phases diverses de la combinaison.

Quoi qu'il en soit, nous signalerons les faits suivants, dont l'importance nous a frappés :

1° Les éthers formés par les acides monobasiques paraissent en général résister à l'action de l'eau plus longtemps que les

éthers qui correspondent aux acides polybasiques. Dans une expérience comparative effectuée à 100° entre deux mélanges équivalents formés, l'un d'éther acétique et d'eau, l'autre d'éther subérique et d'eau, nous avons décomposé les 6 centièmes de ce dernier éther, tandis que 1 centième seulement du premier avait été détruit au contact de l'eau.

Les éthers formiques font cependant exception à cette observation générale, car ils acquièrent très promptement une réaction acide prononcée, lorsqu'ils sont mélangés d'eau, même à la température ambiante.

2° La résistance plus ou moins grande qu'un éther oppose à l'action décomposante de l'eau, est déterminée par la nature de l'acide générateur de cet éther, et non par celle de l'alcool. C'est ainsi que les éthers dérivés des acides formique et oxalique se dédoublent sous l'influence de l'eau avec une telle facilité que le dosage exact de l'acide régénéré est à peu près impossible; c'est encore ainsi que l'éther méthylacétique, métamère de l'éther éthylformique, ne présente nullement cette facilité de dédoublement, mais se rapproche au contraire tout à fait, par l'ensemble de ses propriétés, des autres éthers formés par l'acide acétique. Nous avons trouvé d'ailleurs que les éthers correspondant aux acides les plus lents à éthérifier, tels que les acides benzoïque et stéarique, sont aussi ceux qui opposent le plus de résistance à l'action de l'eau et même à celle des alcalis les plus puissants.

3° Notre dernière remarque concerne une propriété remarquable des éthers, sur laquelle nous aurons occasion de revenir plus tard, et que nous pouvons énoncer en ces termes : la vitesse de formation des éthers est plus rapide que celle de leur décomposition.

En d'autres termes, si l'on fait réagir simultanément deux mélanges équivalents, l'un formé d'acide et d'alcool, l'autre d'eau et d'éther, le premier de ces deux mélanges atteindra sa limite d'équilibre final plus promptement que le dernier.

Les exemples que nous allons citer ne laisseront aucun doute à cet égard.

Nous avons préparé deux mélanges équivalents, l'un formé d'acide acétique et d'alcool à équival. égaux $C^4H^4O^4 + C^4H^6O^2$,

l'autre formé d'un équivalent d'éther acétique et de deux équivalents d'eau $C^8H^8O^4 + 2\,HO$. Ces deux mélanges ont été chauffés simultanément à 100° pendant cinq heures. Ils présentaient alors la composition suivante :

1er mélange : proportion d'acide neutralisé, en centièmes, 31,0

2e mélange : proportion d'éther décomposé, en centièmes, 0,1

Une expérience toute semblable a été effectuée sur deux mélanges : alcool et acide butyrique, d'une part; eau et éther butyrique, d'autre part.

1er mélange : proportion d'acide neutralisé, en centièmes, 17,1

2e mélange : proportion d'éther décomposé, en centièmes, 0,1

Ainsi, dans les conditions de température et de durée qui permettent de réaliser dans une proportion considérable la réaction réciproque des acides et des alcools, les éthers n'éprouvent encore au contact de l'eau qu'une décomposition presque insensible.

Nous croyons devoir rapporter un troisième exemple de cette résistance relative, bien que cette dernière expérience ait été effectuée dans des conditions particulières de dilatation et d'état gazeux dont l'effet principal est de ralentir beaucoup l'action chimique.

	Proportion en centièmes d'ac. neutr.	Proportion en centièmes d'ét. déc.	Tempér.	Durée du contact
1er mélange : acide et alcool	10,0	»	200°	10 h.
1 gr du mélange occupe 1351 cc				
2e mélange : éther et eau	»	0,0	200°	142 h.
1 gr du mélange occupe 476 cc				

La durée du contact pour le second mélange a été 14 fois plus longue que pour le premier; et la condensation presque triple, double circonstance qui tend à accélérer le phénomène, et cependant la réaction du nouveau mélange a été jugée complétement nulle, l'éther acétique n'exerçant encore aucune action sensible sur le tournesol bleu.

Séance du 29 mars 1862.

MATHÉMATIQUES. — M. Catalan a fait dans cette séance la communication suivante :

D'après le Code civil (art. 757) « le droit de l'enfant naturel est d'un tiers de la portion héréditaire qu'il aurait eue s'il eût été légitime. »

Soient : l le nombre des enfants légitimes; n le nombre des enfants naturels; $X_{l,n}$ la part d'un enfant légitime; $Y_{l,n}$ la part d'un enfant naturel.

On a d'abord, en prenant pour unité la somme à partager entre les $l+n$ enfants :

$$l\,X_{l,n} + n\,Y_{l,n} = 1. \qquad (1)$$

D'un autre côté, conformément à la prescription ci-dessus :

$$Y_{l,n} = \tfrac{1}{3}\,X_{l+1,n-1}. \qquad (2)$$

De ces deux relations, on conclut aisément la formule suivante, connue depuis longtemps :

$$X_{l,n} = \frac{1}{l} - \frac{n}{3l(l+1)} + \frac{n(n-1)}{3^2 l(l+1)(l+1)} - \ldots \pm \frac{(n-1)\ldots 3.2.1.}{3^n l(l+1)\ldots(l+n)} \qquad (3)$$

La complication de cette formule est peut-être ce qui empêche les jurisconsultes d'obéir, sinon à l'esprit, du moins au texte de la loi, quand il s'agit pour eux d'effectuer un partage entre enfants légitimes et enfants naturels. Mais on peut la remplacer par une autre expression, beaucoup plus commode.

On a en effet

$$\frac{1}{l(l+1)(l+2)\ldots(l+p)} = \frac{1}{1.2.3\ldots p}\int_0^1 (1-\theta)^p \theta^{l-1} d\theta;$$

donc

$$X_{l,n} = \int_0^1 \theta^{l-1} d\theta \left[1 - \frac{1}{3}\frac{n}{1}(1-\theta) + \frac{1}{3^2}\frac{n(n-1)}{1.2}(1-\theta)^2 - \ldots \right.$$

$$\pm\frac{1}{3^n}(1-\theta)^s\Big]$$

$$=\frac{1}{3^n}\int_0^1\theta^{l-1}(2-\theta)^n d\theta;$$

d'où enfin

$$X_{l,n}=\frac{1}{3^n}\Big[2^n\frac{1}{l}+\frac{n}{1}2^{n-1}\frac{1}{l+1}+\frac{n(n-1)}{1.2}2^{n-2}\frac{1}{l+2}+\ldots$$
$$+\frac{1}{l+n}\Big] \qquad (4)$$

Il est visible que, pour former la quantité entre parenthèses, il suffit de développer $(2+1)^n$, et de diviser par $l, l+1, l+2, \ldots l+n$ les termes du développement. Du reste, il est facile de vérifier, par un procédé purement algébrique, l'équivalence des deux expressions de $X_{l,n}$.

Cette équivalence étant démontrée, il en résulte que l'on a:

$$\frac{1}{l}-\frac{n}{l(l+1)}x+\frac{n(n-1)}{l(l+1)(l+2)}x^2-\frac{n(n-1)(n-2)}{l(l+1)(l+2)(l+2)}x^3+\ldots$$
$$=(1-x)^n\Big[\frac{1}{l}+\frac{n}{1}\frac{1}{l+1}\left(\frac{x}{1-x}\right)+\frac{n(n-1)}{1.2}\frac{1}{l+2}\left(\frac{x}{1-x}\right)^2+$$
$$\frac{n(n-1)(n-2)}{1.2.3}\frac{1}{l+2}\left(\frac{x}{1-x}\right)^3+\ldots\ldots\Big], \qquad (5)$$

même quand les deux membres, au lieu d'être composés d'un nombre fini de termes, deviennent des séries *convergentes*.

Par exemple :

$$1+\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}\right)+\frac{1}{3}\left(\frac{1}{2}\right)^2+\frac{1}{4}\left(\frac{1}{2}\right)^3+\ldots$$
$$=2\left(1-\frac{1}{2}+\frac{1}{3}-\frac{1}{4}+\ldots\right);$$

ce qui est exact.

Remarque. Les relations (1), (2), (3), (4) supposent $l\geqq 1$. S'il s'agissait de partager l'héritage entre n enfants, tous naturels, la part de chacun serait

$$Y=\frac{1}{3}-\frac{n-1}{1}\frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}\right)^2+\frac{(n-1)(n-1)}{1.2}\frac{1}{3}\left(\frac{1}{3}\right)^3-$$
$$\frac{(n-1)(n-2)(n-3)}{1.\ 2.\ 3.}\frac{1}{4}\left(\frac{1}{3}\right)^4+\ldots\ldots\pm\frac{1}{n}\left(\frac{1}{3}\right)^n;$$

ou, par la formule (4) :

$$Y=\frac{1}{3^n}\left[2^{n-1}+\frac{n-1}{1}2^{n-2}.\frac{1}{2}+\frac{(n-1)(n-2)}{1.\ 2.}.2^{n-3}\frac{1}{3}+\ldots\right.$$
$$\left.+\frac{1}{n}\right],$$

ou enfin :

$$Y=\frac{1}{n}\left[1-\left(\frac{2}{3}\right)^n\right].$$

Dans ce cas, la somme de toutes les parts ne reproduirait pas l'héritage. Dans la réalité, les choses ne se passent pas ainsi : lorsqu'il n'y a pas de descendant légitime, le droit de l'enfant naturel est de la moitié de la portion héréditaire qu'il aurait eue s'il eût été légitime, et *la somme des parts des enfants naturels peut surpasser l'héritage.*

Séance du 12 avril 1862.

Physique. *Recherches sur la solidification des liquides refroidis au-dessous de leur point de fusion.* —Voici l'analyse d'un travail présenté par M. Ed. Desains, dans cette séance.

Ce travail est divisé en deux parties : dans la première, dit l'auteur, je démontre par l'expérience qu'il faut donner à un poids d'eau liquide, pour l'échauffer de u^o à t^o, la même quantité de chaleur, soit que dans ce passage l'eau se gèle d'abord et se fonde ensuite, soit au contraire qu'elle se réchauffe sans cesser d'être liquide. Dans la seconde, j'applique ce principe à plusieurs questions relatives à la surfusion, c'est-à-dire à l'état d'un liquide refroidi au-dessous de son point de congélation.

Pour démontrer le principe, je me sers d'un petit tube de verre, fermé à la lampe, contenant dans son intérieur de l'eau que l'on y a fait bouillir avant de le fermer, et un thermomètre

dont le réservoir plonge dans cette eau, et dont la tige passe à travers la partie supérieure du tube, à laquelle elle est scellée; le tube n'est pas tout à fait plein d'eau.

Je fais refroidir cet appareil sans l'agiter, dans une enceinte environnée d'un mélange réfrigérant; l'eau liquide se refroidit de quelques degrés au-dessous de zéro, puis il arrive un moment où elle se gèle subitement en partie et se réchauffe jusqu'à zéro; alors j'enlève l'appareil hors de l'enceinte et le plonge dans un poids d'eau connu, à une température connue. L'appareil s'échauffe tandis que l'eau extérieure se refroidit, et bientôt leurs températures deviennent à peu près semblables. Soient M le poids de l'eau extérieure, corrigé du vase qui la contient et du thermomètre qui y est plongé, θ la température primitive de cette eau et t sa température finale; soient u la température marquée par le thermomètre de l'appareil à l'instant qui a précédé la congélation, et t_1 sa température finale toujours presque égale à t; enfin A la quantité de chaleur que l'air donne au mélange pendant l'expérience, l'expression (1) $M(\theta - t) + A$ représente la quantité de chaleur qu'il a fallu donner à l'appareil pour le faire passer de u à t_1, avec solidification et fusion intermédiaires. Après cette expérience, je fais refroidir de nouveau le même appareil dans l'enceinte entourée de mélange réfrigérant, mais je ne laisse pas son eau se geler, et quand la température est voisine de zéro, égale à v, je l'enlève et le plonge dans un poids M′ d'eau à la température θ'. Cette eau se refroidit à t', tandis que l'appareil se réchauffe à t_1' presque égal à t'; l'expression

$$M'(\theta' - t') + A'$$

représente la quantité de chaleur qui a échauffé l'appareil v à t_1'; j'en conclus que pour échauffer, sans que son eau cessât d'être liquide, de u à t, il faudrait lui donner une quantité

$$(2) \qquad \frac{M'(\theta' - t') + A'}{t_1' - v}\, t_1 - u,$$

en admettant que la chaleur spécifique de l'eau liquide ne change pas brusquement en passant par zéro, ce que j'ai vérifié, comme M. Person l'avait déjà fait antérieurement, en

observant le refroidissement de l'eau liquide au-dessus et au-dessous de zéro, et en constatant que sa marche n'éprouve aucune irrégularité aux environs de cette température.

Il suffit alors pour établir le principe de voir si les expressions (1) et (2) sont égales ; or, par trois expériences avec congélation, j'ai trouvé en moyenne

$$\frac{M(\theta - t) + A}{t_1 - u} = 37,93;$$

et par trois autres sans congélation :

$$\frac{M'(\theta' - t') + A'}{t_1' - v} = 38,39.$$

L'égalité presque exacte de ces nombres prouve le principe énoncé.

La petite différence qui subsiste entre eux tient à ce que les températures u et v ayant été observées pendant un refroidissement, sont un peu moins basses que celles de l'eau non agitée qui entourait le thermomètre, et se trouvait plus voisine de l'enceinte froide. L'erreur doit même être plus grande pour v que pour u, parce que v est plus éloigné de la température finale. Or, en diminuant v plus que u, par une convention, on rapprocherait les deux nombres précédents de l'égalité.

Pour faire la correction, j'ai étudié analytiquement les refroidissements simultanés des diverses parties de l'appareil en supposant différentes les températures du thermomètre, de l'eau qui le touche, de l'air contenu dans l'enceinte et de l'enceinte elle-même. J'ai trouvé que la différence entre la température du thermomètre et celle de l'enceinte était représentée par une somme de trois exponentielles, se réduisant à une seule après un temps assez long, et j'ai vérifié expérimentalement qu'en effet quinze ou vingt minutes après l'introduction de l'appareil dans l'enceinte froide, cette différence décroissait en progression géométrique quand le temps croissait en progression arithmétique. Au moyen de la raison de cette progression, j'ai déterminé la relation entre la température du thermomètre et celle de l'eau au même instant, et j'ai pu

ainsi faire les corrections convenables aux nombres précédents qui sont devenus tous les deux égaux à 37, 43.

Désirant justifier ces opérations et remarquant que l'expression $\frac{M'(\theta' - t') + A'}{t_1' - v}$ est la quantité de chaleur que l'appareil exige pour s'échauffer d'un degré, j'ai cherché directement cette quantité en refroidissant l'appareil dans l'enceinte entourée cette fois de glace fondante, et quand il eut été maintenu pendant longtemps à une température presque invariable et voisine de zéro, alors je le retirai et le plongeai dans de l'eau extérieure, où il se réchauffa. Ici il n'y avait plus de corrections à faire sur la température v, et j'ai trouvé, comme moyenne de trois mesures, le même nombre 37,43 pour représenter la chaleur qu'il fallait lui donner afin de l'échauffer d'un degré.

Dans la seconde partie de mon travail, j'ai appliqué le principe que j'avais démontré à la solution des problèmes suivants :

1° Déterminer la température τ à laquelle il faut refroidir le liquide pour qu'il se gèle tout entier par l'agitation et se réchauffe jusqu'au point de fusion T.

Soient p le poids du liquide, q et g le poids et la chaleur spécifique du vase qui le contient, c la chaleur spécifique du liquide. S'il se réchauffait jusqu'à T sans cesser d'être liquide, il exigerait une quantité de chaleur $(p\,c + q\,g)\,(T - \tau)$. Si au contraire il se gèle tout entier et se réchauffe jusqu'à T, il faudra pour le fondre lui donner $p\,l$, l étant sa chaleur latente de fusion ; donc, d'après le principe, $p\,l = (pc + q\,g)\,(T - \tau)$; d'où τ ;

2° Un liquide ayant été refroidi à $u' < \tau$ détesminer la température $T' < T$ à laquelle il se réchauffera en se gelant tout entier.

Pour l'échauffer de u' à T sans congélation, il faudrait $(p\,c + q\,g)\,(T - u')$.

Quand il s'est réchauffé à T' en se gelant, pour l'échauffer jusqu'à T et le fondre, il faut lui donner encore $(p\,c' + q\,g)$

$(T - T_{,}) + p\,l$, en appelant c' la chaleur spécifique du solide formé.

Donc d'après le principe,

$(p\,c' + g\,q)(T - T') + p\,l = (p\,c + q\,g)(T - u')$; d'où T'.

3° Un liquide ayant été refroidi à une température u' supérieure à τ, il ne se gèlera qu'en partie par l'agitation, mais il se réchauffera jusqu'à T; déterminer le poids p' de la partie qui se gèle.

Pour l'échauffer sans congélation jusqu'à T', il faudrait lui donner $(p\,c + q\,g)(T - u')$.

Pour fondre le poids p' qui, par la congélation même, s'est réchauffé jusqu'à T avec le reste du liquide, il faudra $p'\,l$, donc

$$(pc + qg)(T - u') = p'l.$$

Les expériences qui m'ont servi à établir le principe peuvent être présentées comme des vérifications de la formule précédente. Connaissant en effet $pc + qg = 37{,}43$, puis u' et l, elle me permettait de calculer p'.

D'un autre côté, en plongeant l'appareil dans l'eau M après qu'une partie du liquide s'était congelé, je pouvais, par l'abaissement de température de M, mesurer p' au moyen de l'équation

$$37{,}43 \times t_{,} + p' \times 79{,}25 = M\,(\theta - t) + A.$$

Trois expériences ainsi calculées m'ont donné :

	p' calculé	p' mesuré	Différences
	$2^{gr}{,}272$	$2^{gr}{,}324$	— 0,052
	3, 188	3, 097	+ 0,091
	3, 519	3, 520	— 0,001
Sommes	8, 979	8, 941	0,038

Les problèmes (1) et (3) sont posés dans plusieurs ouvrages et ont été jusqu'ici résolus différemment par les différents auteurs. Je les avais traités par le calcul devant la Société philomathique, dans la séance du 18 juillet 1857, en admettant que la chaleur latente que l'eau dégage en se gelant est indépendante de la température à laquelle la congélation a lieu, hypothèse que le principe démontré dans la première partie de mon travail actuel ne permet plus d'admettre. Les expériences que j'ai citées ici me paraissent de nature à fixer l'opinion des physiciens sur les solutions qu'il convient d'adopter.

Séance du 19 avril 1862.

Deux communications ont été faites par M. P. Thenard dans cette séance.

1re communication. — Lorsque l'on traite par de la potasse fondue et non pas dissoute les corps de la série fumique, leur azote, au lieu de se dégager à l'état d'ammoniaque, reste, pour la majeure partie, dans le creuset sous forme de cyanure.

Les terres arables contenant de l'acide fumique, soit spontanément, soit artificiellement, donnent également des cyanures quand on les chauffe avec de la potasse.

Mais si, au lieu de potasse, on fait réagir sur elles, et à 300°, 5 à 10 p. 100 de leur poids de chlorate de potasse, la production des cyanures est à ce point facile, qu'il n'y aurait rien de surprenant qu'en choisissant les matériaux l'industrie pût tirer bon parti de cette réaction.

De ces faits, M. Thenard conclut que, sous le rapport du mode de combinaison de l'azote dans les corps de la série fumique, ces corps se rapprochent de plus en plus des matières animales telles que la corne, la laine, la chair et le sang desséchés.

2e communication. — M. Thenard annonce ensuite qu'il a continué ses expériences sur l'action réciproque et simultanée des matières neutres non azotées, des matières animales azotées quand elles sont en voie de décomposition, et des phosphates à base de protoxyde ou de sesquioxyde.

De ces nouvelles expériences il résulte :

1° Que les corps de la série fumique, d'ailleurs assez indifférents pour les phosphates, deviendraient, au contraire, au moment de leur formation, très habiles à se combiner avec ceux qui seraient à base de protoxyde.

2° Que quelques-unes de ces combinaisons seraient insolubles dans l'eau, et qu'alors les phosphates qu'elles renferment seraient bien moins solubles dans l'acide acétique et même dans des acides plus puissants.

3° Que ces combinaisons nouvelles jouent un très grand rôle dans les fumiers, parce que tout porte à croire que ce

n'est que quand les phosphates sont ainsi combinés avec des matières organiques azotées, qu'ils sont vraiment le plus utiles aux plantes.

Et, déduisant de ces faits une application pratique, il conclut :

4° Que la meilleure manière de tirer profit des phosphates fumiques naturels n'est pas, comme on l'a fait jusqu'ici, de les appliquer directement sur le terrain à l'état minéral pur, mais bien de les animaliser d'abord en les répandant tous les jours, et par petite portion, dans la litière des animaux, où par l'effet du piétinement ils se mélangent aux substances organiques, et où par l'effet de la fermentation et les réactions fumiques ultérieures ils entrent ensuite en action pour former les combinaisons triples dont on vient de parler, surtout quand en même temps on marne les fumiers.

Séance du 10 mai 1862.

Chimie. — La Société a reçu de M. Berthelot communication de la note suivante *sur la présence et sur le rôle de l'acétylène dans le gaz de l'éclairage.*

« 1. L'acétylène existe dans le gaz de l'éclairage. On peut l'en séparer sous forme d'acétylure, puis le régénérer ensuite à l'état de pureté. J'ai préparé ainsi plusieurs litres d'acétylène. Voici l'analyse du gaz régénéré :

21 volumes de ce gaz ont fourni dans l'eudiomètre
42,5 volumes d'acide carbonique, en absorbant
53 volumes d'oxygène.

» Ses propriétés coïncident avec celles de l'acétylène obtenu par d'autres méthodes. La présence de l'acétylène dans le gaz de l'éclairage s'explique d'ailleurs facilement, puisque ce gaz s'est produit sous l'influence d'une température rouge.

» 2. La proportion de l'acétylène dans le gaz de l'éclairage est très faible. Elle s'élève à peine à quelques dix-millièmes. Cependant son rôle n'est pas sans importance, tant au point de vue des propriétés éclairantes qu'au point de vue de l'odeur.

» En effet, la composition de l'acétylène, C^4H^2, ne diffère pas en centièmes de celle de la benzine, $C^{12}H^6$; cela suffit pour prévoir que sa flamme est fuligineuse et qu'une faible proportion de ce gaz communique un pouvoir éclairant considérable à un gaz peu lumineux par lui-même; pour un même volume, ce pouvoir est bien plus considérable dans l'acétylène que dans le gaz oléfiant, avec lequel il avait été jusqu'ici confondu.

» 3. L'odeur de l'acétylène mérite également quelque attention; parmi les odeurs simples dont le mélange représente l'odeur définitive du gaz de l'éclairage, celle de l'acétylène est peut-être la plus caractéristique. Quatre substances principales concourent à l'odeur du gaz de l'éclairage :

» 1° L'acétylène, dont l'odeur désagréable me semble surtout spécifique : il suffit de mélanger ce gaz avec quelques traces d'hydrogène sulfuré pour reproduire l'odeur du gaz de l'éclairage avec toute sa fétidité ;

» 2° Le sulfure de carbone, tant par lui-même que par les produits sulfurés qu'il fournit sous l'influence de l'humidité ;

» 3° La benzine, dont l'odeur franche peut être manifestée en lavant le gaz de l'éclairage dans le protochlorure de cuivre ammoniacal, puis dans une solution acide ;

» 4° La naphtaline, dont l'odeur est surtout marquée dans les coudes des conduites et dans les infiltrations; mais elle est bien moins sensible dans le gaz en mouvement.

» J'ai recherché si l'on peut obtenir l'acétylène en faisant circuler de l'hydrogène entre deux électrodes de charbon, entre lesquels jaillit l'étincelle d'un puissant appareil de Ruhmkorf. J'avais essayé cette expérience sans succès, il y a un mois, en employant des étincelles longues et déliées. Je l'ai reprise avec des étincelles larges et courtes, jaillissant d'une manière continue entre deux pôles distants de 1 millimètre environ, avec production sensible de chaleur. Je me suis ainsi rapproché, autant que possible, des conditions indiquées par M. Morren. On sait d'ailleurs qu'il n'a pas spécifié la substance qu'il pense avoir obtenue.

» En opérant avec du charbon de cornue purifié, et pendant une heure entière, je n'ai pas obtenu la moindre trace d'acétylure cuivreux. L'interposition d'une grande bouteille de Leyde n'a rien changé à ce résultat négatif.

» En opérant avec du charbon de cornue non purifié, et pendant une heure, j'ai obtenu une trace impondérable d'acétylure cuivreux, dont le poids était certainement inférieur à $\frac{1}{50}$ de milligramme. Je pense qu'il aurait fallu prolonger l'expérience pendant cinquante ou soixante heures pour obtenir 1 centimètre cube d'acétylène, et cela avec du charbon impur. Ceci suffit pour caractériser l'expérience.

» En résumé, l'étincelle de l'appareil de Ruhmkorf et le charbon purifié n'ont pas fourni d'acétylène. Ces faits n'étonneront pas les personnes qui savent combien est grande la différence entre les effets calorifiques de l'étincelle de l'appareil de Ruhmkorf et ceux de l'arc voltaïque d'une pile de cinquante éléments. »

Séance du 17 mai 1862.

Physiologie. *Greffe animale par approche.* — M. Bert a fait dans cette séance la communication suivante :

Les faits de greffe animale partielle (ergot de coq, etc.), connus depuis longtemps, les expériences sur la transfusion du sang, et d'autre part la considération de certaines monstruosités doubles, m'avaient, depuis assez longtemps, suggéré l'idée d'expériences que les remarquables résultats obtenus par par M. Ollier dans ses transplantations périostiques m'ont déterminé à mettre à exécution.

Je voulais savoir s'il était possible de réunir intimement deux animaux l'un à l'autre, d'obtenir par une circulation commune l'échange de leurs matériaux nutritifs; en un mot, de créer de toutes pièces des monstres doubles, au delà de la vie fœtale.

J'ai l'honneur de mettre sous les yeux des membres de la Société les résultats d'une première et heureuse expérience.

Elle a été faite le 7 avril, sur deux Rats albinos nés le 20 mars précédent. Sur toute la longueur du flanc, à droite chez l'un, à gauche chez l'autre, une incision a été pratiquée,

n'intéressant que la peau et le tissu cellulaire sous-cutané. J'ai disséqué des lambeaux en haut et en bas, enlevé quelques pelotons graisseux, évité les tiraillements et assuré le contact des surfaces saignantes par une suture entrecoupée et un bandage collodionné. Les suites de l'opération ont été des plus simples, car en quatre ou cinq jours s'est opérée une réunion par première intention, sans une seule goutte de pus, si bien que, le 13 avril, j'ai débarrassé de leur maillot les deux animaux désormais greffés l'un à l'autre.

Ils marchaient alors côte à côte, réunis par une bande cutanée de 3 à 4 centimètres de largeur, sur laquelle on apercevait à peine la ligne sinueuse de la cicatrice. Mais leur impatience augmentant avec leurs forces, les tractions qu'ils faisaient subir à cette partie commune, la réduisirent bientôt à une sorte de cordon épais, large d'environ un centimètre et demi, qu'ils décidèrent même d'attaquer à belles dents. Aussi, après les avoir montrés vivants encore à un grand nombre de personnes, parmi lesquelles je citerai MM. Gratiolet et Claude Bernard, je me résolus à les sacrifier.

L'autopsie me prouva, comme l'observation antérieure le montrait du reste, que l'adhérence se bornait à l'enveloppe cutanée, sur laquelle des inégalités d'épaisseur indiquaient seulement la trace de l'opération. Les téguments du ventre et du dos, réciproquement unis, déterminaient une sorte de canal rempli de tissu cellulaire, sur les parois duquel rampaient les nerfs et les vaisseaux. Il importait surtout de savoir comment était constituée cette partie intermédiaire, s'il s'y était formé simplement un tissu de cicatrice (chose peu probable, eu égard à la rapidité de la guérison), ou si, au contraire, il y avait là une région si j'ose dire mitoyenne, dans un véritable état d'indivision nutritive. Pour élucider ce point, je tentai d'empoisonner lentement l'un des animaux, espérant, s'il y avait communication sanguine un peu importante, agir en même temps sur tous les deux. Mais l'expérience, comme je le soupçonnais du reste, ne réussit pas, et je dus avoir recours aux procédés ordinaires : une injection poussée par la jugulaire externe de l'un des conjoints a passé dans les veines cutanées, et jusque dans la veine fémorale de

l'autre. La communication se faisait ainsi entre vaisseaux du même ordre, communication minime du reste, mais qui n'en prouve pas moins le fait intéressant de la solidarité nutritive entre les deux animaux.

J'ai du, pour une expérience d'essai, me placer dans les conditions les plus simples : d'un côté, je n'ai mis en contact que des surfaces cutanées; de l'autre, j'ai opéré sur des êtres de même âge, appartenant à la même espèce, à la même variété. Je me propose d'aller plus loin, et après avoir constaté d'une manière plus précise les résultats de l'expérience, de lui demander davantage sous le rapport anatomique et sous le rapport zoologique. En premier lieu, je tenterai la réunion de parties plus profondément situées, et même la création de monstres parasitaires ; en second lieu, j'agirai sur des animaux de races, d'espèces différentes, séparés même par un plus grand intervalle zoologique, presque persuadé à l'avance que je ne franchirai pas les limites auxquelles se sont arrêtées les expériences sur la greffe végétale, la reproduction périostique et la transfusion du sang.

Séance du 24 mai 1862.

Zoologie. *Système pileux des Monotrèmes. Différentes variétés de poils dans les Mammifères.* — Sous ce titre, M. Léon Vaillant a communiqué à la Société, dans cette séance, la note qui suit :

En poursuivant mes études sur le système pileux des Mammifères, j'ai dû à l'obligeance de M. Alph. Milne Edwards de pouvoir examiner les poils d'un animal excessivement rare dans nos collections, surtout conservé dans la liqueur, l'Ornithorhynque paradoxal (*Ornithorhynchus paradoxa*, Blumenbach).

Cet examen m'a montré qu'il existe dans l'ordre des Monotrèmes, malgré des différences très frappantes au premier abord, de très grands rapports dans la disposition du système pileux; il m'a conduit aussi à proposer quelques modifications dans les divisions adoptées jusqu'ici pour les diverses variétés de poils chez les Mammifères.

Lorsqu'on examine avec une certaine attention le pelage de

l'Ornithorhynque, on s'aperçoit facilement, ainsi que l'a fait remarquer de Blainville (1), qu'il se compose, comme celui d'un assez bon nombre de Mammifères, de deux espèces de poils parfaitement distinctes. Les uns, que je désignerai sous le nom de poils *laineux*, forment le fond de la fourrure; ils sont doux au toucher, serrés, grisâtres en bas, bruns à l'extrémité supérieure que seule on aperçoit et qui donne la couleur à l'animal. Les autres, beaucoup plus roides, s'élèvent au-dessus des précédents, sont placés à distance les uns des autres, et leur couleur un peu brillante tranche sur le fond mat des poils laineux: je les nommerai poils *renflés*.

Le *poil laineux* se compose d'une tige longue de 6^{mm} à 7^{mm}, cylindrique dans toute sa longueur, sauf à sa terminaison, qui se fait en pointe subulée parfaite. Son diamètre est de $0^{mm},010$ à $0^{mm},012$; au centre se voit une moelle composée d'une seule rangée de cellules quadrilatères, opaques, séparées par des intervalles clairs assez réguliers. De chaque côté existe une mince couche de substance corticale revêtue d'une gaîne épidermique, dont les écailles sont saillantes et paraissent sur les côtés comme des dents de scie écartées d'environ $0^{mm},033$. Ces poils s'insèrent très superficiellement au-dessous de l'épiderme. Ils se rapprochent, par cette structure, de ceux qu'on rencontre chez un assez grand nombre de Mammifères, surtout de petits Carnassiers et de Rongeurs.

Le *poil renflé* s'écarte davantage des types généralement connus. Il se compose de deux parties, l'une qui fait suite à la portion sous-cutanée et qui ne diffère pas de la tige d'un poil ordinaire. Elle est cylindrique, longue de 7^{mm} environ, large de $0^{mm},021$; un étui médullaire de $0^{mm},015$, rempli de cellules noires par la lumière transmise, se voit sur toute sa longueur, sauf aux extrémités. Mais ce qui distingue ces poils, c'est qu'à cette portion cylindrique fait suite une masse renflée, ovoïde, aplatie, longue de 3^{mm} à 4^{mm}, large de $0^{mm},100$ à $0^{mm},140$, épaisse de $0^{mm},030$ à $0^{mm},045$, présentant un étui médullaire de $0^{mm},020$ à $0^{mm},025$. L'ensemble de ces deux

(1) De Blainville : Dissertation sur la place que la famille des Ornithorhynques et des Échidnés doit occuper dans les séries naturelles. Paris, 1812, p. 25.

parties pourrait, en quelque sorte, être comparé à une feuille lancéolée très allongée dont la portion cylindrique serait le pétiole, tandis que la portion renflée en représenterait le limbe. Ces poils ont une insertion beaucoup plus profonde que celle des poils laineux; leur follicule traverse le derme, et son extrémité plonge dans le tissu cellulo-adipeux cutané.

Suivant la région de l'animal qu'on considère, les poils renflés offrent quelques différences. A la tête, ils sont plus courts; au milieu du corps, que j'ai pris pour type, ils ont les dimensions données plus haut; à la queue, organe de locomotion pour ces animaux aquatiques, les poils laineux sont beaucoup plus courts et moins abondants; les poils renflés, au contraire, sont plus nombreux et constituent presque la totalité de la fourrure; leur force est aussi différente en ce que la portion renflée est beaucoup plus longue relativement à la base cylindrique, qui se trouve réduite à de très petites proportions.

Il s'ensuit que les poils de la queue rentrent dans une variété de poils très fréquents chez les Mammifères et désignés par les auteurs sous le nom de *fusiformes*, lesquels doivent être caractérisés, comme je l'ai dit ailleurs, par leur insertion profonde et la forme de leur tige. C'est à cette variété que se rapportent les piquants du Hérisson, du Porc-Épic, etc. La forme de ces piquants, suivant Frédéric Cuvier, provient du mode de sécrétion du follicule, qui, en avançant en âge, cesse graduellement de sécréter avec la même activité (1). Si l'on suppose qu'après avoir ainsi produit la portion fusiforme du poil, le bulbe continue pendant un certain temps à sécréter d'une façon continue et régulière, nous aurons une portion renflée placée à l'extrémité d'une tige cylindrique, c'est le poil que j'ai décrit dans l'Ornithorhynque, c'est l'analogue du poil tubuleux qu'on trouve à la queue du Porc-Épic.

Si nous examinons le mode de vestiture de l'animal le plus voisin de l'Ornithorhynque, de l'*Echidna hystrix* (Cuvier) qui, avec lui, compose l'ordre des Monotrèmes, nous trouvons une fourrure analogue. Mais ici, comme pour nous confirmer le

(1) Frédéric Cuvier: Recherches sur la structure et le développement des épines du Porc-Épic. — *Nouvelles annales du Muséum d'Hist. nat*, Paris, 1832, t. I, p. 424.

rapport qui existe entre les poils fusiformes et les épines, nous trouvons, avec un poil laineux moins fin que celui de l'Ornithorhynque et mêlé de poils fusiformes aplatis, de véritables piquants placés de distance en distance, et qui sont tout à fait comparables aux épines du Porc-Epic, sauf la taille, qui ne devient jamais aussi considérable.

On peut donc tirer de là cette conclusion, que le pelage des Monotrèmes comprend toujours des poils laineux serrés et des poils fusiformes espacés, qui restent rudimentaires dans l'Ornithorhynque, qui peuvent se développer en piquants dans l'Échidné.

Les recherches que j'ai dû faire jusqu'ici dans le cours de mes études m'ont amené à diviser les poils en plusieurs variétés, différant un peu de celles qu'ont proposées les auteurs et qui me paraissent basées sur des considérations anatomiques et physiologiques assez réelles.

Pendant longtemps on s'est contenté de subdiviser les poils en poils laineux et poils soyeux, différences basées sur l'apparence extérieure seule, observée d'une façon superficielle. De Blainville, en étudiant les poils (1), les a examinés successivement sous le rapport de leur structure, de leur longueur, de leur forme, de leur implantation, etc., et il a présenté des divisions pour chacun de ces cas, sans donner de classification générale. Dans un travail sur le système pileux dans l'espèce humaine, j'ai cru devoir reconnaître trois variétés de poils basées sur le mode d'implantation, la forme de la tige et sa structure. Ces divisions me paraissent applicables à l'ensemble des poils des Mammifères en y ajoutant les poils du tact et les poils laineux. Il faudrait donc distinguer cinq variétés, qui, du reste, sont loin d'avoir toutes la même valeur.

En premier lieu, les poils qu'on a désignés sous le nom de *poils du tact* et qui constituent les moustaches des animaux, *vibrissæ* de de Blainville, caractérisés par la présence dans l'intérieur de la membrane propre du follicule d'un sinus sanguin, et par leurs fonctions physiologiques, forment une divi-

(1) De Blainville, Principes d'anatomie comparée. Paris, 1822, t. I, p. 54, et p. 72 et suiv.

sion de premier ordre qui paraît ne se confondre avec aucune des suivantes.

Parmi les autres variétés constituant les poils proprement dits, qui ne présentent jamais de sinus, nous trouvons d'abord les *poils fusiformes*, que j'avais cru devoir nommer ailleurs *poils à croissance définie*, leur mode de développement leur donnant en quelque sorte une limite de longueur invariable et en général petite. Ils comprennent les vibrisses de l'Homme, la plus grande partie des poils dits soyeux par les auteurs, les piquants. Ces poils, très fréquents chez les Mammifères, sont caractérisés par leur insertion profonde, sous-dermique, et leur tige, renflée en son milieu, pourvue d'une moelle. Leur longueur et leur grosseur sont très variables, depuis le *poil ras* qu'ils constituent, jusqu'au poil soyeux, allongé, de certaines Chèvres, qui conduit à la variété des poils à croissance indéfinie.

Les trois dernières variétés bien plus rapprochées entre elles que ne le sont les précédentes sont, d'une façon générale, cylindroconiques. Ce sont :

1° Les poils que j'ai nommés *poils à croissance indéfinie* (en ne prenant pas naturellement ce mot dans son sens rigoureux) caractérisés par leur insertion profonde, sous-dermique, leur longueur considérable, la présence d'un canal médullaire. Ces poils sont moins répandus que les précédents dans la série des Mammifères ; on doit y rattacher les cheveux et les poils longs de l'Homme, les crinières des animaux, et, réunis par les auteurs avec les poils soyeux.

2° *Les poils laineux* caractérisés par leur insertion superficielle sous-épidermique, leur longueur relativement grande, la présence d'un canal médullaire plus ou moins complet. Le type en est la laine du Mouton ; le poil d'un grand nombre de petits Carnassiers et de Rongeurs rentre dans cette division.

3° *Les poils du duvet*, qui ne constituent guère qu'une sous-variété des précédents, dont ils diffèrent par leur brièveté, l'absence de coloration et de canal médullaire. Ces poils peu apparents correspondent à ce que de Blainville appelle la

bourre. On peut regarder comme type le poil du duvet de l'Homme.

Répétons en terminant que, sauf les poils du tact, les autres variétés sont loin d'être absolues. Il existe un grand nombre de transitions insensibles qui conduisent de l'une à l'autre, il semble même que par la culture on parvienne à les transformer. Cependant en considérant les types on voit, je crois, une somme de différences qui peuvent être prises en considération.

Séance du 21 juin 1862.

Physiologie végétale. — La note suivante *sur les sucs propres des Apocynées, des Asclépiadées et des Légumineuses*, a été communiquée dans cette séance par M. A. Trécul.

Après la publication des mes observations sur les laticifères, l'Académie des sciences, qui avait déjà encouragé l'étude de cette importante question, jugea à propos de la remettre au concours. Elle proposa surtout d'éclairer deux points principaux, savoir, les rapports des laticifères avec les fibres du liber, et les rapports des laticifères avec les vaisseaux proprement dits. Depuis mes premières communications, j'ai multiplié les exemples qui concernent ce dernier point. Aujourd'hui j'ai l'intention d'entretenir la Société d'une partie de la première question posée par l'Académie.

J'ai pour but de décider si les fibres du liber des Apocynées et des Asclépiadées contiennent du suc laiteux. C'est en effet là un point qui a beaucoup excité l'attention des phytotomistes depuis le commencement du siècle. Bernhardi le premier, en 1804, prétendit que les laticifères de l'*Asclepias syriaca* renferment le suc laiteux de cette plante ; mais en 1805 il révoqua cette assertion. Cependant, en 1808 et 1809, M. de Mirbel reprit cette idée, et dans plusieurs travaux qu'il publia depuis, il soutint que les fibres du liber en général sont des vaisseaux du latex. M. Schultz est aussi de cet avis. D'un autre côté, MM. Meyen et Schleiden crurent trouver la transition du liber avec les laticifères. M. Schleiden assura, comme M. de Mirbel, que les fibres libériennes des Apocynées et des Asclé-

piadées contiennent du suc laiteux. Enfin, M. Schacht partage cette manière de voir.

Je vais donc examiner si les fibres du liber de ces plantes, dans l'état où nous les connaissons bien, c'est-à-dire parfaitement développées, renferment du latex. Pour résoudre ce problème, il faut 1° s'entendre sur ce que c'est que le latex dans les végétaux de ces deux familles, 2° comparer ce latex au suc contenu dans les fibres du liber des mêmes plantes, et, si les deux liquides ne se ressemblent pas, rechercher la place que le latex occupe réellement. Je passe au premier point.

Qu'est-ce que le latex des Apocynées et des Asclépiadées? Évidemment, pour tous les botanistes, le latex est cette liqueur blanche ou jaune qui, comme son nom l'indique, sort de ces végétaux quand on les blesse. Je pense qu'il ne peut y avoir là-dessus aucune contestation. Si donc je compare ce liquide à celui des fibres du liber, je trouve, par exemple dans le *Vinca major*, où le suc n'est laiteux que dans les extrémités jeunes, en voie d'accroissement, des tiges, ainsi que cela est connu depuis longtemps, je trouve, dis-je, que le latex épanché, blanc à l'œil nu, est, sous le microscope, composé de globules incolores et parfois de volume uniforme, mais plus souvent de globules très inégaux, qui atteignent $0^{mm},013$ de diamètre; mais, en se réunissant plusieurs ensemble, ils peuvent former des gouttelettes d'aspect oleagineux. Après avoir examiné successivement le latex sorti de plusieurs rameaux, on le reconnaîtra sans faute quand on le cherchera dans la plante. Si l'on étudie ensuite le suc des fibres du liber, on y apercevra des granulations d'une grande ténuité, qui, vues en masse, au lieu de paraître incolores comme les globules du latex, ont une teinte légèrement fauve. On sera dès lors porté à penser que les fibres du liber ne contiennent pas le latex dans le *Vinca major*. Où donc est le siége de ce latex? En continuant l'étude de ces jeunes rameaux, on ne tardera pas à découvrir, épars dans l'écorce, et aussi au pourtour de la moelle, des tubes pleins de globules exactement semblables à ceux du liquide épanché. La membrane de ces tubes est si délicate, qu'on ne saurait la reconnaître avec certitude sur de simples coupes; pour l'apercevoir

il faut isoler ces vaisseaux. Si l'on compare ces derniers à de très jeunes fibres du liber, en mars par exemple, on découvre que ces jeunes fibres, qui n'ont encore qu'une membrane fort mince, ne renferment qu'un liquide limpide, dépourvu de granulations (et les fibres plus âgées, comme je l'ai dit plus haut, ont des granules fort ténus et fauves), tandis que les tubes des mêmes parties de la plante, et que je viens de signaler, sont remplis d'un suc qui a tous les caractères du latex. Chez le *Vinca* le latex n'existe donc pas dans les fibres du liber.

L'étude du *Marsdenia erecta* rendra cette assertion évidente avec plus de promptitude encore, car la couleur jaune du suc qui s'épanche de la plante coupée facilitera les recherches. On reconnaîtra tout de suite que ce liquide jaune ne peut être contenu dans les fibres du liber, qui sont incolores; on verra qu'il remplit au contraire des tubes étroits, dont la membrane est d'une extrême délicatesse. — Ce latex n'a pas la même teinte dans toutes les parties de la tige. Au sommet des plus jeunes rameaux, il est finement granuleux et brun rougeâtre; dans les parties un peu plus âgées, la colonne du latex est alternativement jaune et brunâtre, et passe graduellement d'une de ces teintes à l'autre; dans d'autres vaisseaux, au contraire, le latex est uniformément jaune et homogène. Il ne saurait donc y avoir de doute sur le siége du latex dans le *Marsdenia erecta* : il est contenu dans des vaisseaux répandus dans l'écorce, et épars aussi en grand nombre dans la moelle.

Dans le *Plumiera alba*, la comparaison du latex, des laticifères et des fibres du liber conduira à la même conclusion. Là, dans la moelle et dans l'écorce voisine du liber, les laticifères sont larges (ils ont souvent $0^{mm},05$) et si nombreux, que l'on ne peut longtemps rester en suspens (1). — Je pour-

(1) Les laticifères de cette plante sont remarquables par la diminution graduelle de leur diamètre depuis l'écorce interne jusque sous l'épiderme. Ceux des Euphorbes sont non moins intéressants. Les branches latérales qu'ils émettent, et qui les ont fait regarder comme de simples cellules rameuses, sont pourvues de ramifications terminées en *cæcum* et souvent courtes;

rais multiplier ces exemples, mais je crois qu'il est inutile de le faire ici, ayant à signaler encore d'autres caractères distinctifs.

Ce qui a porté à penser que du latex est contenu dans les cellules libériennes, c'est sans doute, outre la présence des granulations de ces fibres, que dans certaines plantes il est presque impossible de l'apercevoir dans ses vaisseaux propres sur des coupes transversales, tant il s'en échappe avec facilité. Les Apocyns surtout se font remarquer par cette propriété. En juillet, c'est-à-dire quand l'accroissement de la plante est très avancé, le suc blanc s'écoule si aisément des tiges coupées ou cassées, que l'on n'en peut rencontrer par des coupes transversales ou longitudinales. Il faut étudier de préférence des rameaux jeunes de ces plantes, pour observer le latex dans sa position naturelle. La capsule du *Papaver somniferum*, dans un autre groupe, est plus curieuse encore sous ce rapport. Tout le suc semble s'écouler par la première incision. Or, comme il faut deux incisions pour une même préparation, il en résulte que l'on ne saurait y découvrir le siége du latex par ce moyen. — Quelques plantes présentent donc de grandes difficultés quand on les étudie par de simples coupes ; mais MM Schleiden et Schacht ne se sont point bornés à ce seul mode opératoire ; aussi, je ne saurais concevoir la véritable cause de leur méprise.

Ce que je viens de dire suffit, il me semble, pour mettre la vérité dans tout son jour. Pourtant, à ces caractères physiques, j'ajouterai encore des caractères chimiques qui préviendront toute objection imprévue, en démontrant que les granules des fibres du liber bien conformées ont des propriétés différentes des globules du latex obtenu des mêmes plantes, des mêmes individus. J'ai déjà signalé la différence d'aspect et

si nombreuses dans quelques espèces, qu'elles rappellent les glandes complexes des animaux. J'ai isolé un fragment de laticifère de l'*Euphorbia globosa*, dont toutes les parties représentent une longueur de $93^{mm},50$. Ce fragment porte cent vingt bifurcations, bien que sept de ses branches principales et un grand nombre de ses ramifications latérales soient cassées.

T.

de volume des globules du latex et des granules des fibres du liber. Les premiers sont ordinairement globuleux (chez les plantes dont il s'agit ici), tandis que les plus grosses granulations dans le liber ont une surface inégale, bosselée. L'action de l'iode et de l'acide sulfurique, ou de l'iode seul, dans certaines espèces, achèvera de les différencier.—Si dans l'*Apocynium hypericifolium* on cherche des fibres libériennes renflées (et il en a beaucoup), bien remplies de substance granuleuse, si on les traite ensuite par l'eau iodée, toute la masse prend une belle couleur jaune. Les plus gros grains seulement auront une teinte douteuse, très légèrement bleue ou incolore. Si alors on ajoute avec précaution de l'acide sulfurique, ces plus gros granules deviendront violacés, et la teinte violette se foncera peu à peu en laissant la réaction se prolonger. Ces grains, vus dans la masse, pourraient être considérés comme bruns, mais on en trouvera aisément d'isolés qui ne laisseront aucun doute sur leur coloration.

Le *Marsdenia erecta* est plus favorable encore. Le résultat précédent fut obtenu de l'*Apocynum* frais, vivant; les fibres libériennes du *Marsdenia erecta* dont je vais parler avaient été isolées par la macération. Ces fibres, très entières, contenaient des granulations de volumes divers; les plus grosses cependant ne dépassaient pas $0^{mm},005$. Traitée par l'eau iodée seule, cette matière granuleuse jaunissait, et même en quelques endroits devenait violette. Sur d'autres points, la couleur violette mêlée à la teinte jaune donnait une coloration brune, qui se rapprochait plus ou moins du violet. Enfin, à d'autres places, quelques granules isolés ou des groupes de granules étaient devenus violets. De l'acide sulfurique était-il ajouté avec précaution à cette matière iodée, elle se colorait dans quelques fibres, et parfois sur de grandes étendues, en la plus belle teinte indigo, là où les granules étaient peu condensés; la couleur allait jusqu'au noir quand les granules étaient accumulés. Assez souvent néanmoins les plus gros grains bleuissaient. — Je dis que l'acide sulfurique doit être ajouté avec précaution, parce que les membranes seraient bleuies ou même dissoutes par l'acide trop concentré, avant que les granules aient pris la couleur bleue.

L'*Ansonia latifolia* achèvera ma démonstration. En août 1860 (toutes ces observations datent de 1859 et de 1860), à la base de tiges fleuries, dont je conserve des fragments, je trouvai que le contenu granuleux des fibres libériennes devient souvent entièrement bleu noir au seul contact de l'eau iodée, quand les gros granules prédominent. Lorsque ceux-ci sont en moindre quantité, ils se distinguent, par la couleur bleue qu'ils ont acquise, des plus petites granulations, qui sont seulement jaunies. Il est à peine nécessaire de dire que le latex avait tous les caractères qu'on lui connaît, ou bien, dans les plus vieilles tiges, ses globules s'étaient réunis, comme cela arrive fréquemment, en goutelettes plus volumineuses.

Il me semble donc, d'après ce qui précède, qu'il n'est plus possible de soutenir que les fibres du liber parfaites des Apocynées et des Asclépiadées contiennent du suc laiteux.

Je terminerai cet aperçu en faisant observer la transition qui existe entre les granules de ces fibres du liber, soit dans la même plante, soit d'une plante à une autre, absolument comme chez certaines membranes cellulaires. Les uns jaunissent par l'iode seul et deviennent violets par l'addition de l'acide ; d'autres encore jaunissent ou même deviennent violets sous l'influence de l'eau iodée seule, et bleuissent ensuite par l'action de l'acide sulfurique ; enfin, il en est qui bleuissent immédiatement au contact de l'eau iodée seule.

Suc propre des Légumineuses. Je demande à la Société, en terminant cette note, la permission d'ajouter quelques mots sur d'autres sucs propres qui me paraissent dignes de fixer son attention. — Il est généralement connu que le tanin est très répandu dans le parenchyme de certaines plantes, mais on ne sait pas, je crois, qu'il fait la base du suc qui remplit certains vaisseaux propres. Depuis longtemps déjà les laticifères de l'*Apios tuberosa* ont été signalés, et il en a été décrit aussi par M. Schultz dans le *Mimosa pudica* J'ai vu moi-même le suc laiteux dans les jeunes rameaux du *Vigna glabra*, dont les vaisseaux du latex occupent la même place que chez l'*Apios*. Plus récemment encore j'ai aperçu dans d'autres Légumineuses, dont le suc n'est pas laiteux, aux mêmes endroits, des vaisseaux propres qui contiennent un suc

plus ou moins granuleux. Ces vaisseaux ou réservoirs des sucs propres sont composés de cellules superposées, souvent fermées par les deux bouts, plus rarement ouvertes et fréquemment fort longues. Dans l'*Onobrychis sativa* elles ont souvent plus d'un millimètre de longueur; elles atteignent jusqu'à $1^{mm},72$ sur $0^{mm},07$ de largeur; mais la longueur de ces cellules est très variable, ainsi que leur diamètre, dans le même végétal. Il y en a, dans celui que je viens de citer, qui n'ont que $0^{mm},51$ sur $0^{mm},015$. — Dans cet *Onobrychis*, il existe ordinairement un ou deux de ces gros vaisseaux propres de chaque côté des faisceaux libériens, mais au pourtour de la moelle ils sont aussi volumineux, et ils ont une membrane notablement épaissie. — Dans le *Phaseolunanus*, L., on en voit plusieurs gros sous chaque faisceau libérien, et de plus petits épars dans le parenchyme sous-jacent. Ceux du *Robinia pseudo-acacia* sont plus larges en général au pourtour de la moelle, où ils sont groupés près des faisceaux vasculaires, que dans l'écorce interne où il sont ordinairement assez nombreux. On trouve aussi éparses dans la moelle du *Robinia* des cellules courtes qui bleuissent sous l'influence du sulfate de fer. De semblables vaisseaux propres se rencontrent aussi dans le *Lotus corniculatus*, le *Coronilla varia*, etc. Je les crois répandus dans les Hédysarées, les Phaséolées, et probablement dans d'autres tribus de la même famille; mais je n'en ai pas observé dans les quelques Viciées que j'ai eu l'occasion d'étudier, non plus que dans le *Medicago sativa*, le *Trifolium pratense*, le *Melilotus arvensis*.

C'est le suc de ces vaisseaux ou réservoirs qui a pour base le tannin; cependant pour découvrir ce principe immédiat, il faut chercher ces organes surtout dans les parties jeunes des végétaux, car dans un âge avancé le tannin disparaît souvent des cellules qui le contenaient, à peu près comme le suc laiteux de bon nombre de plantes disparaît de bas en haut des vaisseaux qui le renfermaient. Ces cellules vidées sont fréquemment comprimées par celles du parenchyme environnant, de sorte que si elles contiennent encore un peu du principe tannant, le sulfate de fer les fait apparaître sous la forme d'une ligne un peu sinueuse.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE.— M. Moreau, invité à parler de la communication que M. Matteucci a faite à l'Académie des sciences dans la séance du 26 mai 1862 sur la fonction électrique de la Torpille, a dit à ce sujet ce qui suit :

La note de M. Matteucci est écrite à l'occasion d'un rapport dont l'Académie a adopté les conclusions en ordonnant l'insertion de mon travail dans son Recueil des savants étrangers (séance du 5 mai 1862).

M. Becquerel, comme rapporteur de la commission, a répondu devant l'Académie dans la séance du 2 juin 1862. J'ai déjà eu l'honneur d'entretenir la Société philomathique de mes recherches sur la Torpille, particulièrement dans une discussion que le journal *l'Institut* a reproduite dans son numéro du 12 décembre 1860. J'offrirai à la Société mon travail, publié en ce moment dans les Annales des sciences naturelles, et je vais donner quelques détails sur les passages de la note de M. Matteucci qui ont rapport à mes expériences.

La première remarque de M. Matteucci relative à mon travail est celle-ci :

« Il paraît que M. Moreau a voulu examiner si l'électricité » se produit dans le cerveau; pourtant il y a une expérience » très ancienne et très simple qui ne laissait aucun doute. Il » s'agit de prendre sur une Torpille vivante un tout petit mor- » ceau de l'organe, aussi gros que la tête d'une épingle; de » quelque manière qu'on irrite le filet nerveux de ce morceau, » on a la décharge qui se montre au galvanomètre et à la Gre- » nouille galvanoscopique. »

L'expérience que cite M Matteucci ne répond vraiment pas à la question posée au commencement de mon travail : *Peut-on considérer l'organe comme un condensateur recevant l'électricité des centres nerveux par l'intermédiaire des nerfs, et la conservant jusqu'au moment où, sous une influence nerveuse, la décharge se produit?* En effet, un morceau de l'organe, quelque petit qu'il soit, est dans cette supposition un fragment du condensateur, et conserve une partie de l'élec-

tricité condensée. Et de même que si l'on enlève un fragment d'un carreau de Leyde ou d'un condensateur quelconque de forme convenable, on juge que l'électricité qu'on trouve dans ce fragment provient de la même source que celle qui charge tout le condensateur ; de même, si l'on admet que l'organe de la Torpille a reçu l'électricité des centres nerveux, on doit admettre que celle qui est dans un fragment de l'organe, et qui est rendue manifeste au moment des décharges, provient aussi des centres nerveux.

Quelques lignes plus loin, M. Matteucci ajoute : « Il n'est » pas nécessaire de faire noter que, si un tout petit morceau » d'organe peut donner la décharge, il faut bien admettre que » cette fonction n'exige pas la présence du sang. »

Ainsi, M. Matteucci considère comme inutile l'expérience que j'ai faite, et qui consiste à remplir de suif les plus petits vaisseaux sanguins de l'organe, et à constater, quand le suif est solidifié, que la décharge peut encore être obtenue.

Je ferai remarquer que, dans des vaisseaux dont la continuité avec le reste du système circulatoire est détruite, tous les phénomènes dus à la présence du sang ne sont pas détruits pour cela. On sait aussi que, dans les phénomènes de calorification, les petits vaisseaux se contractent ou se dilatent sous des influences nerveuses. Il est permis de supposer que, sous l'influence des nerfs électriques, les vaisseaux d'un fragment d'organe se dilatent ou se resserrent, et que, dans ces conditions, les éléments du sang, transsudant à travers les parois des vaisseaux ou s'échappant par les bouches béantes dans les tissus voisins, déterminent des réactions chimiques, causes prochaines de l'électricité de la décharge. Ces phénomènes sont possibles dans un fragment d'organe si petit qu'il soit, pour peu qu'il contienne quelque tronçon de vaisseau ; mais dans des vaisseaux remplis de suif, l'influence du sang n'est plus admissible, puisqu'il n'y en a plus.

M. Matteucci dit encore dans sa note : « J'ai depuis bien » des années établi que les poisons narcotiques et le curare » n'altèrent pas les fonctions électriques de la Torpille, et » qu'on peut exciter la décharge en irritant les nerfs de la » Torpille empoisonnée, résultat bien différent de celui qu'on

» obtient en agissant sur les nerfs moteurs et sur les mus-
» cles. »

Ce passage ayant rapport à une question essentielle de mon travail, et jugée telle par les commissaires de l'Académie, je dois y répondre avec quelque détail.

Je dirai d'abord qu'il faut supposer une erreur dans la rédaction ou une faute d'impression dans le passage que je viens de citer; en effet M. Matteucci dit que l'on obtient en irritant les nerfs électriques les effets physiologiques ordinaires dus à cette irritation, tandis qu'en agissant sur les nerfs *et sur les muscles* on n'obtient pas les effets physiologiques ordinaires dus à leur excitation. Mais tout le monde sait qu'en agissant sur les muscles d'un animal curaré, on obtient la la contraction des muscles. Ces organes conservent leurs propriétés physiologiques intactes et même exagérées, comme l'a dit M. Cl. Bernard. Les nerfs moteurs seuls sont entièrement paralysés.

J'ai recherché dans quel ouvrage M. Matteucci a publié des expériences relatives à l'action du curare sur la Torpille ; je n'ai trouvé que les lignes suivantes du journal *Nuovo-Cimento*, 1860, t. XII, Julio-Agosto, p. 9, au chapitre intitulé : *Sul potere electro-motore dell' organo della Torpedine ; memoria di Carlo Matteucci.*

Voici le passage : « Ho preso due Torpedini ad una delle
» quali ho iniettato sotto la pelle della Schiena una certa quan-
» tita di soluzione di curaro. Notero di non aver riscontrato
» differenza nel tempo trascorso fino a che le due Torpedini
» si potessero considerare morte, ne mi è parso scorgere una
» differenza distinta fra le contrazioni svegliate nei due pesci
» irritando la midolla spinale. Questa esperienza comparativa
» fu ripetuta tre volte e non trovai alcuna differenza notevole
» fra il potere elettro motore degli organi dei due pesci. »

C'est, comme on le voit, au point de vue du pouvoir électro-moteur que M. Matteucci examine l'action du curare sur la Torpille. Pour moi, j'étudie cette action au point de vue de l'excitabibité des différents nerfs de la Torpille. Ce sont donc deux questions différentes, et par suite les résultats obtenus dans ces deux ordres de recherches peuvent n'avoir

entre eux aucun rapport. On sait, en effet, que le pouvoir électromoteur consiste dans la présence d'un courant excessiment faible, produisant sur l'aiguille du galvanomètre une déviation permanente, que l'on peut constater pendant des jours entiers. Ce pouvoir est analogue à celui qui existe dans les muscles et d'autres organes. Le phénomène de la décharge est, au contraire, un phénomène instantané qui appartient essentiellement à l'organe électrique. Je n'ai pas abordé dans mon travail l'étude de ce pouvoir électromoteur ; les physiologistes savent que tout ce qui a été fait sur ce pouvoir chez la Torpille est dû aux travaux de M. Matteucci.

Dans toute expérience dont les résultats sont offerts comme nouveaux, il importe beaucoup que l'expérimentateur donne des détails suffisants pour permettre de reproduire et de juger ce qu'il annonce Lacomplexité des phénomènes rend l'analyse physiologique difficile, et ce n'est quelquefois qu'après un siècle que l'on peut donner à certaines expériences leur vraie signification ; mais, dans le passage que nous venons de citer, il est facile, à ceux qui ont l'habitude des réactions physiologiques, de voir que l'on ne peut tirer des expériences citées aucune conclusion même en ce qui regarde le pouvoir électromoteur de l'organe de la Torpille.

Voici, en effet, ce qui est dit dans le *Nuovo-Cimento* : « La » Torpille non empoisonnée et la Torpille soumise à l'action » du curare sont mortes dans le même temps. L'irritation de » la moelle épinière a déterminé dans les deux Poissons les » mêmes contractions. »

Ces détails suffisent pour établir d'une manière certaine que la Torpille n'a pas subi l'action du curare ; en effet, une Torpille curarée meurt beaucoup plus vite qu'une Torpille qui n'est pas empoisonnée ; en outre, une Torpille curarée dont on irrite la moelle épinière n'offre jamais de contractions. Le premier effet du curare étant de paralyser les nerfs du mouvement, toute excitation portée sur la moelle épinière ou sur les nerfs ne détermine aucune contraction ; et cependant les muscles se contractent encore parfaitement quand on les excite directement.

J'ai dû, dans la communication que j'ai faite à l'Académie le 8 octobre 1860, préciser ces conditions, sans lesquelles mes expériences ne pouvaient avoir aucune valeur aux yeux des physiologistes.

Le lecteur se demandera peut-être comment il se fait que des Torpilles qui ont reçu sous la peau une substance aussi active que le curare n'en aient pas subi les effets? Les détails donnés dans l'article du *Nuovo Cimento* ne suffisent pas pour répondre avec sûreté à cette question. Mais nous pouvons rappeler d'une façon générale que l'action des poisons est en raison des doses, et que le curare est difficile à doser, parce qu'il est plus ou moins mêlé avec des matières extractives qui en diminuent l'énergie ; en outre, cette action dépend beaucoup de la vitalité de l'animal, et il faut avoir soin, pour bien juger les effets physiologiques de cette substance, d'agir, comme dans toutes les expériences de ce genre, sur des individus aussi sains et aussi énergiques que possible.

Zoologie. — M. Bert a communiqué aussi dans cette séance les observations suivantes relatives à l'anatomie du Phoque (*Phoca vitulina*, L.).

1. *Sur une disposition remarquable de certaines fibres du diaphragme.* Chez les Mammifères et les Oiseaux plongeurs, la veine cave inférieure présente, sur certains points de son trajet abdominal, des dilatations souvent fort considérables. Dans le Phoque, elle se transforme, à la région du foie, en une énorme poche, aux parois minces et très extensibles, qui communique par des veines iliaques prodigieusement renflées avec les vastes plexus de l'abdomen, et peut recevoir une quantité presque indéfinie de sang. Ainsi que l'a démontré M. Gratiolet, cette disposition, bien étudiée par Meckel, protége l'animal pendant l'acte du plonger contre les congestions du système musculaire et des centres nerveux, c'est-à-dire la paralysie et la mort.

Après avoir traversé l'anneau fibreux du diaphragme, la veine cave apparaît avec un calibre tellement réduit, qu'il

égale à peine les deux tiers de celui de la veine iliaque primitive. Ce rétrécissement coïncide avec l'existence d'un muscle annulaire découvert par Burrow, qui n'appartient pas, comme l'avait cru cet anatomiste, aux parois propres de la veine, mais bien au diaphragme lui-même, selon la description de Weber, vérifiée par Stannius, et de l'exactitude de laquelle je me suis moi-même assuré. Il y a là un véritable sphincter qui arrête ou modère selon les besoins de l'animal le retour du sang vers le cœur.

Or, certaines fibres musculaires, émanées elles-mêmes du diaphragme, jouent, par rapport à la région supérieure du sinus de la veine cave, un rôle exactement inverse, c'est-à-dire qu'elles tendent à la dilater et à faciliter la marche centripète du sang. Ces fibres, dont je crois être le premier à signaler l'existence, proviennent de l'anneau elliptique entièrement musculaire à travers lequel passe l'œsophage : anneau situé à gauche de la veine cave, et dont le grand axe se dirige obliquement de gauche à droite et d'arrière en avant. Le pilier, l'arc supérieur (l'animal étant couché sur le ventre) de cet anneau, arrivé au niveau de l'ouverture aponévrotique que le diaphragme offre à la veine cave, se divise en deux faisceaux bien distincts. Le premier, et le plus puissant, embrasse l'œsophage et complète l'anneau; l'autre s'épanouit en fibres arciformes dont les unes reviennent se perdre dans la bande tendineuse gauche du diaphragme, après avoir pris insertion par le sommet de leur convexité sur la paroi gauche du sinus veineux, et les autres, minces, aplaties, assez clair-semées, s'étalent sur cette même paroi, à laquelle elles adhèrent intimement.

Le résultat physiologique de cette disposition est facile à saisir. Au moment où le Phoque, après avoir pendant une longue immersion rempli son sinus veineux, élève enfin sa tête au dessus de l'eau et contracte son diaphragme pour une première inspiration, les fibres dont j'ai parlé agissent synergiquement avec le muscle dont elles font partie; elles dilatent, en attirant à elles sa paroi gauche, la partie du sinus la plus voisine de l'orifice aponévrotique. Cet orifice lui-même, au pourtour duquel adhère la veine cave, est maintenu béant par

l'action des fibres digastriques qui lui donnent naissance, tandis que, d'un autre côté, le sphincter s'est relâché : la voie est ouverte pour le sang. Mais sans les fibres arciformes, le diaphragme, épais, presque entièrement charnu et remarquablement voûté, comprimerait la région supérieure du sinus gorgé au maximum, ferait refluer le sang vers les parties postérieures du corps, et peut-être, par sa brusque contraction, mettrait en danger les tuniques si minces et du sinus et des plexus veineux. Grâce à elles, au contraire, la compression s'opère de bas en haut, et le sang peut librement s'élancer vers le cœur pour répondre à l'appel de la cavité thoracique subitement dilatée.

II. *Sur la persistance de la veine ombilicale.* Le Phoque que j'ai disséqué était jeune, mais voisin de l'âge adulte, car il possédait ses 34 dents et mesurait 1^m du bout du museau à l'extrémité des membres postérieurs. Or, chez lui, j'ai trouvé la veine ombilicale perméable sur une longueur de $0^m,12$ à $0^m,15$. Durant ce trajet elle reçoit dans l'épaisseur du ligament suspenseur un certain nombre de vaisseaux dont le diamètre varie de 1^{mm} à 2^{mm}, et atteint près du foie un calibre supérieur à celui d'une plume d'oie ordinaire. Elle se jette ensuite dans le tronc de la veine porte dont elle semble être une des branches de distribution ; apparence d'autant plus vraisemblable que sur $0^m,03$ environ, à partir de son confluent avec ce vaisseau, elle fournit elle-même quatre ou cinq rameaux aux lobes hépatiques voisins. Le canal d'Arantzi, complétement oblitéré, et réduit à un cordon fibreux fort mince de $0^m,06$ de longueur, s'étend transversalement du point de réunion des deux veines à une éminence pyriforme, que son apparence bizarre fait remarquer à la face inférieure du foie, immédiatement en arrière des fibres musculaires dont j'ai donné plus haut la description.

Aucun auteur n'ayant, à ce que je sache, indiqué cette perméabilité partielle de la veine ombilicale, j'ignore si elle persiste dans un âge plus avancé, ou même si je n'ai pas eu affaire à une anomalie individuelle, semblable à celles qu'on a anciennement décrites chez l'Homme et qu'a révoquées en doute M. Sappey. Mais l'observation de MM. Serres et Gra-

tiolet, qui ont constaté chez le Rorqual la perméabilité complète de cette veine, et son abouchement à plein canal avec l'épigastrique, m'a paru donner à ce fait un intérêt suffisant pour m'autoriser à le publier, en attendant que des investigations nouvelles justifient ou infirment sa généralisation.

Dans tous les cas, le rôle de ce canal est loin d'avoir ici l'importance qu'il présente dans le Rorqual. Incontestablement ses ramifications communiquent avec celles des veines pariétales de l'abdomen, et la sécrétion hépatique peut être alimentée par le système sanguin général, ainsi qu'il arrive plus ou moins chez tous les Mammifères à l'aide de voies diverses, et particulièrement chez les Cétacés, s'il faut en croire de Baër. Mais, à voir son mode d'abouchement avec la veine porte, et surtout la direction des branches qu'il envoie dans les lobes hépatiques, — direction qui forme avec la sienne un angle aigu dont le sinus regarde l'ombilic, — il devient vraisemblable qu'il peut aussi servir de diverticulum à cette veine porte, lorsque le système cave et les veines sus-hépatiques se gorgent de sang et compriment la substance du foie. L'absence dans son canal de replis valvulaires lui permet sans doute de remplir à tour de rôle ces deux fonctions inverses.

Quoi qu'il en soit, c'est là la seule disposition fœtale que m'ait offerte l'animal que j'ai eu entre les mains. Le trou de Botal, le canal artériel y étaient oblitérés ainsi que les artères ombilicales. Mais l'aorte et l'artère pulmonaire possédaient encore cette énorme dilatation qui, selon Burrow, disparaît chez les Phoques tout à fait adultes.

L'anatomie du Phoque m'a encore présenté un certain nombre de détails intéressants dont j'aurai l'honneur d'entretenir bientôt la Société.

Séance 28 juin 1862.

Physique. — La note suivante *sur l'influence de la forme des pôles des électro-aimants par rapport à l'attraction développée par eux*, a été communiquée par M. Th. du Moncel.

Dans une précédente communication, j'avais démontré que la partie centrale des noyaux de fer des électro-aimants n'exerce d'autre action par rapport à l'attraction produite

que de fournir une surface polaire plus grande, et d'augmenter ainsi le nombre des points magnétisés destinés à réagir au dehors. Je démontrais en effet qu'un noyau de fer plein et un tube de fer de même diamètre, muni d'une rondelle de fer formant bouchon à l'extrémité polaire, produisaient exactement la même attraction ; je faisais voir que toute la masse de fer centrale située à quelques millimètres au-dessous de la surface polaire ne servait à rien, du moins jusqu'à une certaine limite. Depuis, j'ai voulu m assurer si la supériorité de force des noyaux de fer pleins sur les noyaux de fer creux tenait uniquement au développement de la surface polaire, et pour m'en assurer, j'ai fait construire une bague de fer s'adaptant exactement à l'extrémité de mon tube d'essai, et augmentant plus que du double la surface polaire de ce noyau. Si l'augmentation de force que nous avons signalée n'avait été que le résultat d'une simple augmentation de la surface polaire, il est certain que le tube muni de son anneau de fer aurait dû fournir une attraction tout au moins égale, sinon supérieure à celle résultant de l'intervention du petit bouchon de fer à l'extrémité du tube, et dont la surface était moitié moins grande que celle de l'anneau ; mais l'expérience a démontré non-seulement qu'il était loin d'en être ainsi, mais encore que la force du tube sans l'anneau était un peu plus grande qu'avec l'anneau. On reconnaît dans cette action un effet analogue à celui par lequel un noyau de fer enveloppé par un hélice voltaïque s'aimante énergiquement, alors qu'un cylindre de fer enveloppant cette même hélice ne s'aimante pas du tout. Il est présumable que, dans le cas de l'anneau, celui-ci agit comme armature, et cette action s'effectue par dissémination au détriment de l'attraction exercée au dehors, comme quand un électro-aimant réagit à la fois sur plusieurs armatures ; tandis qu'avec le bouchon de fer, il y a concentration des effets magnétiques produits par les différentes parties de la paroi interne du tube magnétisé (1). Quoi qu'il en soit, voici les chiffres que j'ai obtenus.

(1) Cette concentration est tellement énergique que, si le bouchon de fer est libre dans le tube et n'y est pas fixé, il se trouve projeté avec force au dehors du tube au moment de l'aimantation de celui-ci.

Électro-aimant droit. — Tube avec anneau de fer.

Attraction à	1 millimètre	10 grammes.
—	2 —	1
—	3 —	0

Même électro-aimant. — Tube sans anneau.

Attraction à	1 millimètre	11 g.
—	2 —	1
—	3 —	0

Même électro-aimant. — Tube avec anneau et bouchon de fer.

Attraction à	1 millimètre	14 g.
—	2 —	3
—	3 —	0

Même électro-aimant avec noyau plein.

Attraction à	1 millimètre	17 g.
—	2 —	4
—	3 —	0

Électro-aimant avec culasse de fer. — Tube avec anneau de fer.

Attraction à	1 millimètre	25 g.
—	2 —	9
—	3 —	4

Même électro-aimant. — Tube sans anneau.

Attraction à	1 millimètre	27 g.
—	2 —	9
—	3 —	3

Même électro-aimant. — Tube avec anneau et bouchon de fer.

Attraction à	1 millimètre	33 g.
—	2 —	12
—	3 —	5

Même électro-aimant avec noyau plein.

Attraction à	1 millimètre	38 g.
—	2 —	13
—	3 —	5

Du reste, l'augmentation d'attraction par l'effet du bouchon de fer n'est réellement très sensible que quand cette attraction s'exerce par le bout des électro-aimants, c'est-à-dire, normalement à leur surface polaire ; quand elle s'effectue latéralement, on la retrouve moins marquée, et cela se comprend aisément, puisque, dans ce cas, la surface polaire n'étant plus exposée devant l'armature, la partie de l'extrémité polaire qui réagit le plus directement sur cette armature reste tou-

jours dans les mêmes conditions. On peut en juger par les chiffres suivants :

Électro-aimant avec culasse de fer et noyau creux.

Attraction à 1 millimètre		42 g.
—	2 —	22

Même électro-aimant avec noyau creux et bouchon de fer.

Attraction à 1 millimètre		48 gr.
—	2 —	27

Avec l'attraction normale, ces chiffres étaient :

Électro-aimant avec culasse de fer et noyau creux.

Attraction à 1 millimètre		66 g.
—	2 —	28
—	3 —	15

Même électro-aimant avec noyau creux et bouchon de fer.

Attraction à 1 millimètre		— 93 g.
—	2	38
—	3 —	20

Chimie. — La note suivante *sur les trois derniers termes de la série des bromures d'éthylènes bromés* a été communiquée aussi dans cette séance, par M. Reboul.

On sait, d'après les recherches de M. Sawitsch, que lorsqu'on décompose le bromure d'éthylène bromé, C^4H^3Br, Br^2, par une dissolution alcoolique de potasse, il se dédouble en acide bromhydrique, qui reste fixé par l'alcali, et en éthylène bibromé; qu'il se forme en outre un produit volatil spontanément inflammable, de nature inconnue, ainsi qu'une petite quantité d'un corps appartenant à la série de l'acétylène, puisque les vapeurs qui se dégagent pendant la réaction donnent, lorsqu'on les dirige à travers une solution ammoniacale d'oxydule de cuivre, un précipité rouge foncé ressemblant par ses propriétés à l'acétylure cuivreux. Ayant eu besoin de me procurer une certaine quantité d'éthylène bibromé pour des recherches que je poursuis encore en ce moment, j'ai été amené à étudier de près la réaction qui donne naissance à ce corps, et à déterminer la nature des composés qui l'accompagnent.

Si l'on fait tomber goutte à goutte du bromure d'éthylène bromé dans un excès d'une solution alcoolique bouillante de potasse contenue dans une fiole dont on a préalablement chassé l'air par une ébullition de quelques instants, et si on débarrasse les vapeurs formées par la réaction, de l'alcool et de l'éthylène bibromé (bouillant vers 88°) qu'elles contiennent, en les faisant barboter dans l'eau de deux ou trois flacons laveurs dont on a remplacé l'air par de l'acide carbonique, on obtient une notable quantité d'un gaz qu'on peut recueillir sur le mercure et qu'on purge de son acide carbonique au moyen d'une solution aqueuse de potasse. Vingt centimètres cubes de bromure donnent environ un litre et demi d'un produit gazeux spontanément inflammable au contact de l'air, totalement absorbable soit par la solution ammoniacale d'oxydule de cuivre, soit par le nitrate d'argent ammoniacal. Je reviendrai prochainement sur la composition de ce gaz, qui n'est qu'un mélange d'acétylène et d'acétylène bromé; je n'ai en vue dans cette communication que de montrer la tendance qu'ont l'acétylène et son dérivé bromé à repasser dans la série de l'éthylène d'où ils proviennent. Il suffit en effet de les mettre en contact avec un excès de brome pour qu'ils en fixent immédiatement quatre atomes en donnant naissance aux deux derniers termes de la série des bromures d'éthylènes bromés, c'est-à-dire aux composés $C^4H^2Br^2$, Br^2 et C^4HBr^3, Br^2.

Lorsqu'on fait passer le mélange gazeux lavé comme il vient d'être dit, à travers du brome placé sous une couche d'eau, dans un tube entouré d'eau froide (car avec du brome seul et non refroidi, il y a bientôt inflammation et destruction des produits bromés), le liquide résultant de l'absorption du gaz par le brome débarrassé de l'excès de celui-ci par la potasse aqueuse, laisse souvent déposer, si la température est assez basse, un produit cristallisé abondant, qu'on purifie en le faisant recristalliser dans l'alcool. Ce corps est du bromure d'éthylène tribromé, C^4HBr^3, Br^2. Son analyse a donné :

Expérience.	Théorie.
C = 5,51	C = 5,64
H = 0,37	H = 0,25
Br = 94,25	Br = 94,11

C'est une substance d'une odeur camphrée, fusible vers 48-50° comme le protobromure de carbone; mais tandis que celui-ci cristallise de sa solution alcoolique sous forme d'écailles nacrées, l'autre cristallise en aiguilles soyeuses de sa solution alcoolique bouillante, en beaux prismes qui atteignent près d'un centimètre de longueur si l'on a recours à l'évaporation spontanée. En outre, la chaleur le décompose, tandis qu'elle volatilise le protobromure. Il est insoluble dans l'eau, aisément soluble dans l'alcool et l'éther, surtout bouillants.

Le produit liquide (α) qui surnage le bromure d'éthylène tribromé qu'il a laissé déposer, n'est qu'une dissolution de ce dernier dans du bromure d'éthylène bibromé, qui est liquide et qui le dissout avec la plus grande facilité. Voici, en effet, les résultats fournis par l'analyse :

Bromure d'éthylène tribromé.	Liquide α.	Bromure d'éthlyène bibromé.
C = 5,64	C = 6,15	C = 6,94
H = 0,25	H = 0,40	H = 0,58
Br = 94,11	Br = 93,70	Br = 92,48

L'explication de ces faits devient facile si on remarque que dans l'acétylène, comme dans son dérivé bromé, les affinités du groupe C^4 ne sont point satisfaites. Deux des six unités de combinaison étant seulement employées, on conçoit qu'en présence du brome en excès, quatre atomes de ce dernier se fixent sur chacun des deux corps, d'où résultent directement le bromure d'éthylène bibromé pour le premier, et le bromure d'éthylène tribromé pour le second.

Ce qui semble prouver que ces deux bromures se forment tous deux simultanément, par synthèse directe, et proviennent chacun d'un gaz d fférent, c'est que si on fait passer du gaz acétylène pur dans du brome, on n'obtient que le premier des deux bromures, sans traces sensibles du second. Cependant on constate qu'au moment où l'excès de brome va disparaître par évaporation, le bromure d'éthylène bibromé laisse déposer un composé cristallisé en écailles très-minces, insoluble dans ce bromure, infusible à 100°, volatil et qui n'est ni du protobromure ni du sesquibromure de carbone, ni du bromure

d'éthylène tribromé. Je reviendrai plus tard sur la nature de ce corps.

L'acétylène pur qu'on a employé pour l'opération précédente, et qui fixe Br^4, a été préparé au moyen du bromure d'éthylène bromé par une méthode qui sera prochainement publiée. On sait, d'un autre côté, que l'acétylène obtenu au moyen de l'éther a donné à M. Berthelot, dans les mêmes conditions, le bromure $C^4H^2Br^2$. Cette propriété singulière de fixer soit Br^4, soit Br^2, tient elle à une trace d'un corps étranger dans l'un des deux acétylènes. ou y aurait il eu entre les deux gaz un nouveau cas fort curieux d'isomérie? C'est ce que l'expérience apprendra plus tard, mais ce que, quant à présent, il est impossible de décider.

Il est plus commode de préparer le bromure $C^4H^2Br^4$ par l'action directe du brome sur l'éthylène bibromé (bouillan vers 88) que l'on retire par rectification du produit liquide qui se trouve au fond du premier flacon laveur lorsqu'on fait réagir le bromure d'éthylène bromé sur la potasse alcoolique. C'est un liquide d'une densité de 2,88 à 22°, insoluble dans l'eau, se décomposant en partie à la distillation en donnant des vapeurs de brome et d'acide bromhydrique. L'analyse a donné :

Expérience.	Théorie.
C = 6,9	C = 6,9
H = 0,7	H = 0,6
Br = 92,4	Br = 92,5

Vient-on à chauffer en tubes clos à 100° pendant quinze à vingt heures ou pendant quelques heures à 180°, soit du bromure d'éthylène tribromé, soit un mélange de bromure d'éthylène bibromé et du précédent (comme le liquide (αj par exemple) avec du brome et de l'eau, il se forme de l'acide bromhydrique et on trouve après refroidissement au fond du tube des cristaux infusibles à 100° de sesquibromure de carbone. Le liquide restant, encore riche en brome, abandonné à l'évaporation spontanée pour chasser celui-ci, laisse déposer un mélange de bromure d'éthylène tribromé et de sesquibromure qu'il est facile de séparer par l'alcool.

Ce dernier terme de la série des bromures d'éthylènes bromés est un corps peu soluble dans l'alcool et l'éther, même bouillants, mais il se dissout aisément dans le sulfure de carbone, qui par l'évaporation spontanée l'abandonne sous forme de gros cristaux transparents et durs qui sont des prismes rhomboïdaux droits, isomorphes avec ceux du sesquichlorure de carbone. Soumis à l'action de la chaleur, il se détruit vers 200-210° avant de fondre, et se dédouble en brome et protobromure $C^4 Br^4$, fusible et volatil. Celui-ci, chauffé avec du brome au bain d'eau bouillante et en tube clos, se transforme intégralement en sesquibromure. Sous le double rapport de sa forme cristalline et de ses propriétés principales, le bromure d'éthylène perbromé offre donc le parallélisme le plus complet avec son homologue chloré. Son analyse a donné :

Expérience.	Théorie.
C = 4,6	C = 4,7
Br = 95,4	Br = 95,3

— La note précédente de M. Reboul a conduit M. Berthelot à faire à la Société la communication suivante :

Les faits nouveaux et intéressants qui viennent d'être découverts par M. Reboul, la préparation et l'étude du perbromure $C^4H^2Br^4$ en particulier, m'engagent à publier les analyses du protobromure d'acétylène que j'ai obtenu il y a deux ans. J'ai préparé ce protobromure en dirigeant un courant d'acétylène à travers du brome placé sous une couche d'eau. L'acétylène était produit en décomposant par l'acide chlorhydrique étendu l'acétylure cuivreux, formé lui-même avec les gaz qui provenaient de la décomposition de l'éther dans un tube rouge. Le brome était en excès notable par rapport au poids total de l'acétylène réagissant. Le volume de ce dernier n'a jamais dépassé trois à quatre litres. Quand tout le gaz avait réagi, je séparais le bromure produit de l'excès de brome au moyen d'une solution aqueuse et étendue de potasse.

J'ai fait plusieurs préparations de ce genre.

Dans toutes, j'ai obtenu un bromure neutre, incolore, oléagineux, doué d'une odeur semblable à celle du bromure d'éthylène,

Le bromure d'acétylène, analysé sans autre purification, m'a fourni : brome : $=86,1$. La formule $C^4 H^2 Br^2$ exige 86,0.

Dans une autre préparation, après avoir lavé le bromure avec de la potasse, je l'ai distillé. L'ébullition a commencé vers 130°. Quelques gouttes ont passé, puis la température s'est élevée très rapidement jusque vers 250°, en même temps que le liquide dégageait une grande quantité d'acide bromhydrique. Comme il commençait à se carboniser, j'ai arrêté l'opération.

Les premières gouttes, obtenues vers 130°, renfermaient : brome $=85,7$. C'était donc du bromure d'acétylène pur.

Le produit, qui avait passé ensuite jusque vers 250°, renfermait seulement : brome $=72,5$.

C'était d'ailleurs évidemment un produit de destruction.

Tels sont les faits que j'ai observés. S'il fallait les interpréter, j'admettrais que, dans mes expériences, le protobromure d'acétylène, $C^4 H^2 Br^2$, a pris seul naissance. Comme il résulte de l'analyse du produit non distillé, ce bromure possède à peu près le même point d'ébullition que le bromure d'éthylène; mais la chaleur nécessaire pour le distiller paraît lui faire éprouver une transformation polymérique, et son polymère ne saurait être distillé sans décomposition. Les dérivés chlorés et bromés de l'éthylène présentent déjà trois ou quatre exemples de ce genre de modification.

Quoi qu'il en soit de cette interprétation, le protobromure d'acétylène offre un nouvel exemple de métamérie, car il a la même composition que l'éthylène bibromé, avec des propriétés, un point d'ébullition et une origine différents. L'un de ces corps appartient à la série de l'acétylène, l'autre à la série de l'éthylène.

Au contraire, le perbromure $C^4 H^2 Br^4$ obtenu par M. Reboul avec l'acétylène paraît appartenir à la série de l'éthylène, d'après les faits observés par ce chimiste. Ce qui reste à éclaircir, ce sont les conditions qui déterminent tantôt la formation du protobromure, $C^4 H^2 Br^2$, tantôt celle du perbromure, $C^4 H^2 Br^4$.

C'est ici le lieu d'ajouter que ces deux bromures paraissent avoir été obtenus simultanément par M. Ad Perrot, en 1858, dans l'étude des gaz provenant de la décomposition de la vapeur d'alcool par l'étincelle électrique (*Comptes rendus*, t. XLVII, p. 350); du moins c'est ainsi que j'interprète les faits et les analyses publiés par ce chimiste. Il en avait donné une

interprétation différente, mais on ignorait alors la présence de l'acétylène parmi les gaz qu'il a examinés.

Cette variabilité des résultats fournis par l'acétylène sous l'influence d'un même réactif se retrouve dans diverses autres circonstances. J'ai déjà signalé que ce gaz, soumis à l'influence de son volume de chlore à la lumière diffuse, pouvait, tantôt se brûler subitement avec dépôt de charbon, tantôt se combiner lentement et former un chlorure liquide, $C^4H^2Cl^2$, comparable à la liqueur des Hollandais. J'ai également observé que l'acide acétyl-sulfurique pouvait s'obtenir avec des stabilités très inégales.

Tous ces faits paraissent tenir à la grande altérabilité que l'acétylène présente surtout au moment où il entre en combinaison.

Je n'ai pas réussi à combiner l'acétylène avec l'iode, même à 100°.

Séance du 12 juillet 1862.

Physiologie végétale. *Production de la gomme chez le Cerisier, le Prunier, l'Amandier, l'Abricotier et le Pêcher.* — La communication suivante a été faite par M. A. Trécul dans cette séance.

Dans une note insérée dans les *Comptes rendus* du 22 octobre 1860, et dans *l'Institut* du 24 du même mois, j'ai indiqué les principaux phénomènes de la maladie de la gomme chez nos Amygdalées. J'ai établi que c'est une erreur de croire que la gomme soit sécrétée par les cellules de l'écorce, qui la verseraient dans des vides intercellulaires; que là elle s'accumule en si grande quantité qu'à la fin elle déchire les couches corticales et s'écoule au dehors. J'ai fait voir au contraire : 1° que la gomme rejetée par les Amygdalées citées dans mon travail est produite dans le corps ligneux; 2° que ce que l'on a pris pour des canaux gommeux dans l'écorce n'en est pas, que c'est un réseau de cellules d'une physionomie particulière. — Tout ce que j'avais d'intéressant à faire connaître n'ayant pu trouver place dans la courte note que reçoivent les *Comptes rendus*, et ne pouvant d'ailleurs publier encore mon mémoire avec les planches, j'ajouterai ici quelques détails qui me paraissent dignes de l'attention des botanistes. Je parlerai d'abord de ces singuliers réseaux de cellules qui ont été considérés

comme des vaisseaux propres, des canaux gommeux, par tous les anatomistes qui ont traité de ce sujet.

L'écorce des rameaux d'un petit nombre d'années est composée, de l'extérieur à l'intérieur : 1° d'une couche péridermique ; 2° d'une couche plus épaisse de cellules parenchymateuses qui contiennent de la matière verte, et dans laquelle des cellules en apparence libériennes errent çà et là dans toutes les directions; 3° vers la face interne de cette couche, dite enveloppe herbacée, sont épars les faisceaux du liber. C'est au côté interne de quelques-uns de ces faisceaux, ordinairement des plus intérieurs, que commencent les prétendus canaux gommeux (et c'est là précisément, c'est-à-dire dans la partie la plus externe de ces canaux supposés, qu'ils sont le plus simples). Si les anatomistes avaient reconnu ce point de départ, ils auraient douté immédiatement de la signification que l'on attribuait à ce tissu, savoir, qu'il constitue des vaisseaux propres. Là, au-dessous des faisceaux libériens, il présente des aspects divers, et un examen un peu attentif donne l'idée d'une transition des cellules qui le composent aux cellules libériennes, par la seule inspection des coupes transversales. En effet, à la face interne de quelques faisceaux du liber, semble aboutir, en faisant des sinuosités, un de ces prétendus courants gommeux; au-dessous de quelques autres faisceaux, des cellules libériennes isolées, ou groupées en petit nombre, sont mêlées à ce prétendu courant; sous d'autres faisceaux du liber ce qui, dans les deux cas précédents, ressemblait à un courant gommeux pur ou mêlé de fibres libériennes épaisses, est remplacé par une série continue, sinueuse, de telles fibres du liber. En suivant cette série vers l'intérieur de l'écorce, on trouve bientôt les cellules libériennes moins nombreuses, et seulement mêlées à la substance dite gommeuse, dans laquelle elles deviennent de plus en plus rares, pour y disparaître entièrement en avançant vers le centre de la tige. — Si les rayons médullaires sont très rapprochés, il existe un seul de ces courants apparents dans le parenchyme qui sépare deux rayons. Il y est ordinairement assez large, y fait des sinuosités, est divisé par des îlots de cellules parenchymateuses, et émet latéralement de courtes ramifications qui s'étendent vers

les rayons médullaires. Il se prolonge ainsi jusque dans les tissus corticaux voisins de la couche génératrice. — Quand les rayons médullaires sont plus éloignés les uns des autres, le prétendu courant, ordinairement simple auprès du faisceau libérien, se partage bientôt en deux rameaux principaux, qui marchent vers le centre de la tige en décrivant des sinuosités, en émettant de courtes ramifications, comme dans le cas précédent, et en se réunissant plus ou moins fréquemment entre eux, donnant lieu ainsi à une sorte de réseau fort remarquable, bien fait pour tromper l'œil le plus exercé, quand on ne l'étudie pas minutieusement par les moyens que possèdent aujourd'hui les anatomistes. Mais lorsque l'on compare aux coupes transversales des coupes longitudinales tangentielles, on s'aperçoit que le tissu qui constitue les prétendus courants est agencé comme le liber proprement dit, formant des mailles traversées par les rayons médullaires. En désagrégeant ensuite les utricules de ces tranches parallèles à la tangente, et prises dans la partie convenable de l'écorce, on s'assure que les prétendus courants sont composés, comme je l'ai dit ailleurs, de cellules qui ont une forme variable, et qui sont plus ou moins allongées. Les unes sont seulement oblongues et rangées en séries longitudinales; les autres sont cylindracées, atténuées en pointe ou obtuses aux extrémités; elles rappellent les fibres du liber peu ou pas du tout épaissies. Ces diverses cellules, souvent d'une grande ténuité, ordinairement comprimées, constituent donc ce qui avait été pris pour des canaux pleins de gomme. On découvre quelquefois dans ce tissu des sortes de rayons médullaires particuliers, formés de cellules très petites, et disposés les uns par rapport aux autres comme le sont les rayons médullaires de l'écorce proprement dite.

Les cellules constituantes de ce tissu m'ont offert des particularités intéressantes dans l'écorce de l'Abricotier. Là, les cellules les plus allongées ne sont point seulement cylindroïdes comme je les ai toujours vues dans l'écorce du Prunier, de l'Amandier et du Pêcher; elles présentent fréquemment des renflements comparables à ceux qu'offrent bon nombre d'Apocynées et d'Asclépiadées. Mais l'origine de ces dilatations me paraît tout à fait différente. Dans l'Abricotier chaque cellule a souvent une dilatation à chacune de ses extrémités; quelquefois une seule à l'un des bouts et deux à l'autre ; il peut aussi exister une dilatation dans la partie moyenne. On ren-

contre encore des cellules qui offrent de semblables dilatations dans toute leur longueur. Ces dilatations, ou communiquent entre elles, ou sont séparées par une cloison, en sorte qu'il semble que la cellule générale soit composée d'un nombre plus ou moins grand de cellules secondaires, dues au mode d'allongement de ces cellules singulières Quand les dilatations sont éloignées les unes des autres, les parties intermédiaires de la cellule présentent le plus ordinairement une cavité assez large; mais il arrive aussi que les parois cellulaires des rétrécissements, quoique seulement peu épaissies, laissent au centre une cavité réduite à une ligne noire longitudinale. Ces dernières cellules, que j'ai observées du reste rarement, me sont toujours apparues fort grêles. Parmi les cellules à cavité élargie dans toute la longueur, j'en ai trouvé qui indiquent le mode d'allongement de ces cellules. A leurs extrémités, ou seulement à l'un des bouts, il y a quelquefois une série nombreuse de dilatations et de cavités qui sont de plus en plus petites à mesure que la cellule s'atténue en pointe. Ces dilatations ou cavités les plus rapprochées du sommet de la cellule fibreuse sont séparées par une cloison ; puis, un peu plus loin du bout de la cellule une perforation se fait dans la cloison; plus loin encore la perforation est plus large; enfin la cloison disparaît tout à fait.

J'ai observé ailleurs dans le parenchyme de quelques plantes et en particulier dans le jeune fruit du *Solanum auriculatum*, un phénomène analogue, qui explique celui-ci, mais qui concourt à la fois à l'agrandissement de chaque cellule et à la multiplication utriculaire.

Ce qui ajoute un grand intérêt à ce mode nouveau de multiplication des utricules, c'est que la membrane cellulaire seule semble prendre directement part à cette multiplication des utricules. Le contenu de la cellule ne paraît y concourir que comme agent de nutrition de la membrane cellulaire génératrice Voici en peu de mots comment le phénomène s'accomplit :

La membrane se renfle sur un point, produit une petite protubérance de substance homogène, blanche comme la matière de la membrane même. Cette protubérance grossit, en produit une semblable, celle-ci une troisième et ainsi de suite. Pendant que ces dernières se développent, la première formée se creuse, puis la seconde, puis la troisième. Alors la cloison qui sépare les deux premières se résorbe, puis la deuxième cloison

disparaît, etc. La réunion de plusieurs cavités produit ainsi une seule cellule. Mais certaines cloisons n'étant pas résorbées, il en résulte des cellules différentes.

J'ai remarqué chez bon nombre de plantes la trace d'un mode de multiplication analogue, mais je n'en ai pas aperçu le commencement. Je reviendrai plus tard sur ce fait que je n'indique ici que parce qu'il me paraît expliquer la structure et l'allongement des cellules dont j'ai parlé.

Après avoir décrit le singulier tissu de nature libérienne qui compose ce que l'on a regardé comme des canaux pleins de gomme, je passe aux substances gommeuses elles-mêmes. En disant dans ma première communication que dans la tige et dans les rameaux du Prunier, du Cerisier, de l'Amandier et de l'Abricotier, la gomme rejetée au dehors n'est pas produite dans l'écorce, mais dans le corps ligneux, je n'ai pas voulu dire que le tissu cortical n'est pas susceptible d'une telle transformation dans les arbres que je viens de nommer. J'ai voulu exprimer seulement que la gomme n'y est pas contenue dans des vaisseaux propres formés par des méats intercellulaires, comme on l'a pensé jusqu'ici. Il se pourrait que la métamorphose gommeuse eût lieu aussi dans certaines parties de l'écorce ; toutefois je ne l'ai jamais rencontrée dans l'écorce du Prunier, du Cerisier, de l'Amandier ni de l'Abricotier, d'une manière certaine, si ce n'est quelquefois dans le tissu limitant les cavernes de la couche génératrice, bien que j'aie trouvé que les membranes des cellules péridermiques, parenchymateuses et libériennes de l'écorce n'aient parfois plus les caractère de la cellulose franche, mais ceux de cet état qui ne donne qu'une couleur verte ou une belle teinte rouge par l'iode et l'acide sulfurique. Je n'y ai donc pas remarqué de gomme qui provînt manifestement de ces tissus corticaux. J'y ai vu des cellules désagrégées, en voie de décomposition, mais altérées par l'humidité entretenue par la gomme venue des cavernes du corps ligneux récent ou des années précédentes. Je savais pourtant, comme tous les anatomistes, que le parenchyme de la prune en donne fréquemment. C'est pour cette raison que je n'ai pas cité le Pêcher, dont je n'avais pu étudier sous ce rapport les très jeunes rameaux, qui, comme chacun sait, sont beaucoup moins rustiques que ceux des arbres signalés plus haut. Je vais aujourd'hui combler cette lacune.

Les plus jeunes rameaux du Pêcher sont en effet fréquem-

ment endommagés par les derniers froids qui surviennent au printemps. La partie supérieure de ces rameaux meurt souvent sous l'influence de ces gelées tardives. La partie inférieure, au contraire, restée vivante, est alors dans la situation d'un scion qui a été tronqué, ou qui a subi un pincement trop rigoureux : les sucs y étant trop abondants, causent des résorptions que suit bientôt l'émission de la gomme. Les bourgeons encore renfermés dans les écailles sont aussi trop abondamment nourris, des cavernes de résorption se manifestent dans leurs tissus encore à peu près entièrement à l'état parenchymateux, et de la gomme y est produite comme dans le parenchyme de la prune (1). Les cavernes formées dans ces jeunes bourgeons se prolongent ou non dans la couche génératrice de la brindille mère. Il arrive même quelquefois que la résorption a entamé l'aubier de cette brindille près de la base du bourgeon. — A l'insertion de ces jeunes scions sur les rameaux qui les portent, il existe souvent une tache brune causée aussi par le froid. C'est sans doute parce que là les sucs descendant par l'écorce doivent être en plus grande quantité que sur les autres parties des rameaux ; car à cette insertion se réunissent les sucs du scion et ceux de la branche mère A cause de cette accumulation des sucs, une petite étendue des deux rameaux est plus accessible au froid, et la tache brune ou nécrose est d'autant plus large que les sucs étaient en plus grande proportion. Cette nécrose, qui embrasse en partie la base du jeune scion, et qui s'étend plus ou moins autour de la branche mère, arrête les sucs descendants de l'un et de l'autre ; de là, formation de cavernes au-dessus de la nécrose dans les jeunes tissus des deux rameaux.

Dans le Pêcher, de même que dans le Prunier, le Cerisier, l'Amandier et l'Abricotier, des lacunes ou cavernes se forment souvent aussi dans l aubier des années précédentes, occasionnées probablement par la surabondance des sucs ascendants, et peut-être aussi sous l'influence de l'état morbide dû aux altérations superficielles, ou dans d'autres circonstances à une cause de maladie inconnue. Je crois cependant que la production de la gomme doit être presque toujours attribuée à une surabondance de sucs nutritifs ; car c'est seulement à

(1) Dans l'écorce d'un jeune rameau du Pêcher, j'ai observé d'une manière indubitable des cavernes de résorption très-étendues et contenant beaucoup de gomme.

(*Note de l'auteur.*)

la limite des nécroses et du bois vivant, ou de la surface de ce dernier que coule la gomme. Il ne se fait point de cavernes à gomme dans le bois mort; celles que l'on peut y observer quelquefois sont évidemment d'origine ancienne, ainsi que l'annonce l'aspect de leur contenu.

Dans les arbres qui meurent de vieillesse, ou qui meurent de la gomme, comme on dit vulgairement, il y a toujours une couche d'aubier très vigoureux plus ou moins épaisse ou plus ou moins étendue en largeur. C'est par elle que passent tous les sucs pour arriver aux parties supérieures vivantes de l'arbre. Il y a donc là des circonstances favorables à la formation des cavernes de résorption et par suite à la gomme. Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner de tels arbres mourants depuis que je m'occupe de cette question; mais je suis persuadé que la gomme qui en coule au moment de l'observation provient ou de la limite de la couche d'aubier vivante, ou de la surface de cette couche. Si les parties mortes sont revêtues de gommes, la source en est tarie en ces endroits nécrosés.—Mais, si le bois mort n'engendre pas de gomme par la production de cavernes de résorption, telles que celles qui viennent d'être mentionnées au milieu des tissus vivants, les vaisseaux de ce bois mort peuvent être néanmoins remplis d'une substance d'apparence gommeuse; et c'est là sans doute ce qui avait fait croire à Duhamel que la maladie de la gomme était déterminée par l'extravasation du suc propre dans les vaisseaux lymphatiques. Cette matière qui remplit les vaisseaux du bois mort est du plus haut intérêt en ce qu'elle me paraît prouver, ou du moins en ce qu'elle tend à démontrer (en outre des observations directes) que la gomme ne provient pas seulement d'une transformation de la substance des membranes cellulaires, c'est-à-dire de la cellulose, mais que le contenu des cellules fibreuses (si c'est dans le bois qu'elle est produite), celui des cellules parenchymateuses (si c'est dans le fruit, la prune, ou dans l'écorce), concourent à sa génération En effet, les vaisseaux du bois mort qui contiennent cette matière qualifiée du nom de gomme ne sont pas altérés, et les parois épaisses des cellules ligneuses qui les entourent n'ont subi aucune résorption. Par conséquent la substance d'apparence gommeuse que renferment les vaisseaux n'a pas été formée aux dépens des membranes cellulaires. Pourrait-elle venir des parties éloignées dans lesquelles existent des cavernes à gomme? Non, car elle n'a point toutes les propriétés du con-

tenu de ces cavernes, et elle n'est point une gomme proprement dite. Cette matière est, selon toute probabilité, sécrétée par les fibres ligneuses mêmes, car celles-ci en sont fréquemment pleines, et leurs membranes sont parfaitement intactes, ainsi que je l'ai dit tout à l'heure.—Cette matière n'est pas de la gomme, c'est-à-dire de l'arabine, de la cérosine ou de la bassorine, parce que ces dernières se dissolvent ou seulement se gonflent considérablement dans l'eau; tandis que les fragments de la substance dont je parle ne subissent absolument aucun changement de forme ni dans l'eau froide, ni par une ébullition assez prolongée dans ce liquide. Je tiens dans l'eau, depuis plus de deux mois, des morceaux de bois d'Amandier dont les vaisseaux en sont remplis; elle s'y dissout lentement sans se gonfler, laissant les vaisseaux bien conservés. Le liquide, coloré en rouge brunâtre, n'accuse aucune réaction ni par le papier rouge, ni par le bleu. D'autre part l'iode et l'acide sulfurique n'agissent pas plus sur elle que sur la gomme. Elle ne se colore pas par ces réactifs même après la coction dans la potasse caustique. Ce n'est donc ni de la gomme ni de la cellulose.

Je passe maintenant à une autre forme également intéressante. J'ai remarqué que les cavernes de résorption les plus superficielles contiennent de la gomme vraie, tandis que les cavernes situées un peu plus profondément dans l'aubier renferment souvent deux matières différentes, surtout quand ces cavernes sont larges : 1° l'une, centrale, se gonfle dans l'eau : c'est de la gomme ; 2° l'autre, périphérique, qui est la plus jeune, ne se gonfle pas dans ce liquide après qu'elle a été desséchée, et elle prend une très belle teinte rose vif sous l'influence de l'iode et de l'acide sulfurique. Cette différence seule me paraît la différencier de la substance contenue dans les vaisseaux du bois mort, et que l'on retrouve aussi, du reste, en petite quantité, dans les vaisseaux de l'aubier vivant au milieu duquel des cavernes à gomme se produisent, et même avant l'apparition de celles-ci. — Il reste à savoir si ces deux matières donnent de l'acide mucique comme la gomme, ou seulement de l'acide oxalique comme la cellulose. Le problème est insoluble pour la matière des cavernes, parce qu'il y a toujours de la gomme dans son voisinage ; mais il peut être résolu pour le contenu des vaisseaux du bois mort. Je possède une assez grande quantité de ce bois pour tenter l'ex-

périence. Si de l'acide mucique était obtenu, il me paraît certain qu'il serait produit par cette matière.

Bien que cette substance contenue dans le bois mort n'ait pas été analysée, elle constitue cependant un élément anatomique important ; à cause de cela je propose de la nommer *cérasone* pour la distinguer des trois espèces de gommes, et en particulier de la *cérasine* produite par les mêmes végétaux dans des cavernes de résorption Quant à la matière gommiforme que contiennent aussi, et souvent seule, sans gomme vraie, les cavernes de résorption de l'aubier encore peu étendues, laquelle devient rose sous l'influence de l'iode et de l'acide sulfurique, elle est probablement de même nature que la substance qui compose la membrane de beaucoup de cellules végétales, et qui, à cet état, est bien connue des anatomistes. M. Kützing, qui l'a observée dans les membranes utriculaires de bon nombre d'Algues, l'a nommée *Eugelacin*. Le même botaniste appelle *Gelacin*, chez d'autres Algues, la substance des cellules qui verdissent au contact des mêmes réactifs. Ce dernier état de la cellulose ne mérite peut-être pas un nom particulier, parce qu'il passe assez aisément à la coloration bleue caractéristique de la cellulose, quand l'acide est ajouté dans des conditions favorables ; tandis que la matière rougissante des cavernes à gomme n'a jamais passé au bleu dans mes expériences.

Il y a donc dans le bois des Amygdalées en voie de produire de la gomme (en faisant abstraction des cellules qui verdissent, et qui se rencontrent fréquemment ici) au moins cinq substances bien caractérisées de la même série : 1° la *gomme*, qui est le degré de métamorphose le plus avancé ; 2° la *cérasone*, ou substance amorphe contenue dans les vaisseaux, laquelle ne se gonfle pas dans l'eau comme les gommes, et qui ne se colore pas par l'iode et l'acide sulfurique ; 3° la substance qui devient d'un beau rose par les mêmes réactifs, et qui est contenue, soit seule, soit avec la gomme, dans les cavernes de résorption ; 4° la cellulose qui bleuit dans les mêmes conditions ; 5° l'amidon, qui bleuit au contact de l'iode seul, et qui est renfermé dans beaucoup de cellules allongées du bois et dans les rayons médullaires.

Minéralogie optique.—M. Des Cloizeaux met sous les yeux

de la Société une série de dix figures coloriées reproduites par la lithochromie, et représentant les divers phénomènes de la dispersion des axes optiques dans les cristaux à deux axes. Ces phénomènes sont ceux qui s'observent dans une plaque normale à la bissectrice de l'angle aigu des axes ou *ligne moyenne*, lorsque cette plaque est traversée par un faisceau convergent de lumière blanche polarisée. Une moitié des figures suppose que le plan des axes est parallèle ou perpendiculaire au plan de polarisation, et l'autre moitié que ces deux plans forment entre eux un angle de 45°.

A l'occasion de cette présentation, M. D. rappelle à la Société les cinq modes principaux suivant lesquels la dispersion se manifeste, et les caractères qu'elle fournit par la reconnaissance du système cristallin et de l'orientation des axes optiques.

1° *Cristaux du système rhombique.* Les axes correspondant à toutes les couleurs sont situés dans le même plan et possèdent exactement la même bissectrice ; tout est symétrique à droite et à gauche de cette ligne ; les courbes isochromatiques et les anneaux qui entourent les deux axes optiques offrent donc une identité complète. Lorsque le plan des axes est à 45° du plan de polarisation, les branches d'hyperbole qui traversent chaque anneau central offrent la même identité, et les couleurs dont elles sont en général bordées indiquent le sens de la dispersion des axes, aussi bien et quelquefois mieux que la mesure directe de leur écartement. Seulement, les bordures des hyperboles présentant toujours des couleurs disposées à l'inverse de celles qui occupent les sommets opposés de l'anneau central correspondant, on doit conclure que les axes rouges sont *moins* écartés que les axes violets, si la partie *extérieure* ou concave des hyperboles est bordée par du rouge, tandis que leur partie *intérieure* ou convexe est bordée par du bleu ; c'est le contraire si le bleu se trouve à *l'extérieur* et le rouge à *l'intérieur*.

2° *Cristaux du système clinorhombique.* Les axes optiques correspondant aux différentes couleurs du spectre n'ont plus nécessairement la même bissectrice. La position de leurs bissectrices *aiguës* donne lieu à trois especes de dispersion aux-

quelles M. Des Cloizeaux applique les noms de dispersion *inclinée*, dispersion *horizontate*, et dispersion *croisée* ou *tournante*. Chacune d'elles se manifeste de la manière suivante :

A. Si le plan des axes optiques coïncide avec le plan de symétrie du cristal, les bissectrices des axes pour toutes les couleurs sont disposées dans ce plan, et le plus ordinairement elles font entre elles de très petits angles variant de quelques minutes à un ou deux degrés. Cette dissymétrie s'annonce, tantôt par une différence dans la forme plus ou moins elliptique des anneaux de chaque système et dans l'éclat de leurs couleurs, qui sont d'ailleurs disposées suivant le même ordre (*gypse*, *quercite*, etc.), tantôt par une opposition dans la couleur des deux systèmes d'anneaux et dans celles qui bordent les deux hyperboles vues à 45° du plan de polarisation, l'une offrant du rouge à l'*extérieur* et du bleu à l'*intérieur*, par exemple, pendant que l'autre offre du bleu à l'*extérieur* et du rouge à l'*intérieur* (*diopside*, *euclase*, *formiate de cuivre*, etc.).

B. Si le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de symétrie du cristal et parallèle à la diagonale *horizontale* de sa base, il se présente deux cas différents : ou bien la bissectrice de l'angle aigu des axes est perpendiculaire à cette diagonale horizontale, ou bien elle lui est parallèle. Dans le premier cas, chaque couple d'axes correspondant à une couleur du spectre est située dans un plan parallèle à la diagonale horizontale, mais en général ne faisant pas rigoureusement, pour toutes les couleurs, le même angle avec la base. Il suit de là que les couleurs des anneaux sont disposées dissymétriquement des deux côtés de ce plan et que, lorsqu'il est parallèle ou perpendiculaire au plan de polarisation, la barre qui traverse les deux systèmes d'anneaux, au lieu d'être une simple bande noire, offre du bleu sur un bord et du rouge sur l'autre; la dispersion est alors dite *horizontale* (*feldspath adulaire*, *sulfate de strychnine* à 12 équivalents d'eau, *sulfate de manganèse* à 4 équivalents d'eau, etc.).

Dans le second cas, les axes correspondant aux différentes couleurs sont placés symétriquement autour du point où leur

bissectrice commune vient percer la plaque normale à cette bissectrice; la disposition des anneaux rouges et des anneaux violets est symétrique autour du même point, ce qu'on exprime en disant que la dispersion est *croisée* ou *tournante* (*Gay-Lussite*, *Heulandite*, *sel de Glauber*, etc.).

3° Dans les cristaux appartenant au système du prisme doublement oblique, tous les genres de dispersion peuvent se trouver réunis On n'a pu observer jusqu'ici qu'un très petit nombre de substances de cette nature. L'une des plus remarquables est l'*axinite*, où M. D. a reconnu une dispersion *inclinée* et une dispersion *horizontale* très notables, avec un écart entre les axes correspondant aux différentes couleurs, faible dans l'huile, mais considérable dans l'air.

Chimie. *Recherches sur les affinités. Formation et décomposition des éthers. Influence de la pression.* — Sous ce titre, la Société a entendu la communication suivante de MM. Berthelot et Péan de Saint-Gilles :

« En général on fait jouer un rôle très important à l'influence de la pression dans les phénomènes chimiques, c'est à elle que l'on attribue le plus communément les réactions qui se passent dans les vases scellés, soumis à la double action du temps et de la chaleur. Mais cette notion ainsi présentée est fort confuse et inexacte; elle repose sur des faits souvent mal compris, et elle est susceptible de conduire à de graves erreurs. Durant le cours de plusieurs milliers d'expériences, exécutées depuis douze ans, nous avons observé et publié bien des faits qui jettent beaucoup de jour sur cette question. C'est ainsi que nous avons montré, par des expériences précises : 1° qu'une pression de plusieurs centaines d'atmosphères n'exerce aucune influence sur des principes liquides extrêmement altérables, tels que l'essence de térébenthine; 2° que la température à laquelle une réaction se produit peut n'être pas modifiée sensiblement par des conditions de pression extrêmement variables; 3° qu'une décomposition opérée par la chaleur (1) peut se produire éga-

(1) Celle de l'acétate de soude par exemple, et beaucoup d'autres.

lement bien dans des vases ouverts et dans des vases scellés.

Ce qui joue le rôle principal dans tous ces phénomènes, ce n'est pas la pression elle-même, c'est le contact prolongé des mêmes particules matérielles, maintenues en relation sous une masse suffisante et à une haute température (1). Ce rôle prépondérant de la masse intervient également dans l'explication des faits signalés par M. Babinet et par M. Favre, relativement à l'attaque du zinc par l'acide sulfurique (2), et par M. Békétoff, relativement à la réduction des sels d'argent par l'hydrogène comprimé.—Nous avons repris encore une fois l'étude des effets dus à la pression, dans le cours des recherches sur les éthers. Les résultats sont ici d'autant plus intéressants, qu'ils s'appliquent directement aux expériences en vases scellés, que l'on a si souvent occasion de réaliser en chimie organique. Aussi les faits que nous allons citer nous paraissent de nature à jeter une lumière plus complète sur le rôle de la pression, en montrant dans quelles conditions ce rôle est essentiel, dans quelles conditions il est insignifiant, et comment il influe sur la nature, sur la marche et sur le terme des réactions.

Dans les conditions ordinaires de l'emploi des vases clos, trois causes distinctes agissent en même temps, savoir:

1° La pression proprement dite;

2° La température;

3° La condensation plus ou moins grande de la matière, qui résulte, soit de sa dilatation à l'état liquide, soit de sa réduction totale ou partielle à l'état gazeux.

Étudions séparément l'influence de la pression proprement dite sur les systèmes liquides et sur les systèmes gazeux.

I. *Pression exercée sur des systèmes liquides.*

Nous avons institué deux séries d'expériences simultanées, exécutées dans des conditions identiques, à l'exception de la pression. — Nous avons dû opérer à une température supé-

(1) Voir l'exposition sommaire de nos idées sur le rôle de la pression dans la *Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 349. 1860.

(2) C. R., t. LI, p. 1029.

rieure à la température ordinaire, pour que l'éthérification ne fût pas trop lente. — Le m lange employé a été celui de l'alcool et de l'acide acétique, à équivalents égaux. On a produit la compression au moyen de la dilatation du liquide lui-même, conformément à la méthode générale décrite par l'un de nous en 1850.

Voici les résultats obtenus dans une première expérience :

Nature du mélange.	Tempér.	Durée.	Non comprimé.	Comprimé à 50 atm. environ.
Acide acétique et alcool	86°	$1^h \frac{1}{4}$	5,9	5,6
à équiv. égaux.	86° et 84°	$3 \frac{1}{4}$	12,8	12,6

Ces nombres montrent que la pression n'exerce qu'une influence négligeable En effet, dans l'un des tubes elle ne dépassait pas la tension de vapeur du système, c'est-à-dire une atmosphère, tandis que dans l'autre elle était cinquante fois aussi grande. Or, la différence des deux résultats ne dépasse pas la limite d'erreur de ces expériences.

Pour acquérir une certitude plus grande à cet égard, nous avons institué l'expérience suivante, plus prolongée encore, où la combinaison a été poussée plus loin, et qui n'est pas moins concluante, bien que les conditions de température et de pression aient été moins constantes que la première fois, parce qu'elles étaient exactement les mêmes pour les deux tubes.

Nature du mélange.	Tempér.	Durée.	Non comprimé.	Pression comprise entre 50 et 101 atmosphères pendant toute la durée de l'expérience.
	Au voisinage de			
Acide acétique et alcool à équiv. égaux.	63°	25 à 30 h.	49,4	48,7

Dans ce cas, comme dans le précédent, l'influence de la pression se montre négligeable, ou plus exactement extrêmement faible; car, dans les trois cas, la compression semble

avoir retardé la combinaison de quelques millièmes : mais cette différence est trop faible pour être discernée avec pleine certitude des erreurs d'expériences.

Ces faits nous paraissent tout à fait décisifs pour diminuer l'importance que l'on attribue en général à la pression proprement dite; ils sont en outre d'accord avec des considérations d'un autre ordre tirées de la comparaison de divers autres résultats.

C'est ainsi que l'on peut encore reconnaître que l'influence de la pression sur la limite du phénomène est négligeable en constatant que cette limite est la même pour des éthers dont la volatilité est très différente, tels que l'éther méthylacétique qui bout à 58°, et l'éther amylsuccinique qui bout au voisinage de 300°. Si l'on produit ces éthers dans des tubes chauffés à 180 et à 200°, la pression développée est évidemment très dissemblable. Le même argument s'applique à la vitesse de combinaison. En effet, nous montrerons que les éthers formés par l'acide acétique avec les alcools éthylique, amylique, éthalique, se forment sensiblement avec la même vitesse : or, les tensions de vapeur des trois systèmes éthylacétique, amylacétique, éthalacétique sont très différentes.

En résumé, la pression agissant sur des systèmes liquides et dans des espaces remplis complétement ou à peu près n'exerce pas d'influence sensible.

II. *Pression exercée sur des systèmes gazeux.*

Les résultats numériques consignés dans la partie relative à la température ont précisé le sens des effets dus à l'intervention de la température dans la durée des réactions; mais leur valeur est essentiellement relative aux systèmes liquides Il est facile en effet de faire varier presque à l'infini la durée de ces mêmes réactions, sans modifier en quoi que ce soit les conditions de température ou la composition des mélanges ; pour y parvenir il suffit d'augmenter convenablement le volume de l'espace clos où s'opère la combinaison, de façon à réduire à l'état gazeux les substances sur lesquelles on opère. Quelques exemples feront clairement saisir toute

la portée du phénomène. En les exposant, nous supposerons, pour plus de clarté, que tous les mélanges ont été ramenés par le calcul au poids d'un gramme, et nous exprimerons en centimètres cubes le volume correspondant de l'espace clos où l'on opère pour chaque essai.

Nous examinerons successiment :

1° Un système liquide, formé d'acide et d'alcool, sous la forme liquide et sous la forme gazeuse;

2° Le système liquide réciproque, formé d'éther neutre et d'eau, sous la forme liquide et sous la forme gazeuse ;

3° Deux systèmes gazeux, formés d'acide et d'alcool, inégalement dilatés;

4° Les systèmes gazeux réciproques, formés d'éther et d'eau;

5° Des systèmes gazeux comparés entre eux et aux systèmes liquides, au point de vue de la limite.

1° Voici d'abord une série destinée à comparer la combinaison d'un acide et d'un alcool, opérée dans un système liquide, avec cette même combinaison opérée dans un système gazeux :

Mélange formé de 1 équiv. d'acide acétique et de 1 équiv. d'alcool.

Température.	Durée.	Volume occupé par 1 gramme.	Proportion d'acide éthérifiée
200	10 h.	$2^{cc},6$	65,2
200	10 h.	$1351^{cc},0$	10,0

Dans cette série, le premier mélange, celui dont le volume était réduit à 2,6 centimètres cubes, avait atteint à peu près la limite maximum d'équilibre stable, puisque la proportion d'acide éthérifiée était égale à 65,2. Il est d'ailleurs facile de s'assurer, *de visu*, que ce mélange, à 200°, conserve en grande partie l'état liquide. Le second système, au contraire, placé dans des conditions de durée et de température absolument identiques, avait été dilaté de manière à prendre l'état gazeux et à occuper un volume de 1 351 centimètres cubes, c'est-à-dire 500 fois le volume du premier système. Or, dans ce deuxième système, il était seulement produit 10 p. 100 d'éther acétique, moins du sixième de la proportion précédente. Le deuxième système était d'ailleurs extrêmement loin de la limite d'équilibre qu'il aurait pu atteindre par suite d'un contact plus prolongé, car cette limite est située notablement au delà de 70 centièmes.

2° Donnons maintenant une série pour démontrer le ra-

lentissement produit par la même cause, c'est-à-dire par l'état gazeux, durant l'action réciproque, celle de l'eau sur l'éther acétique.

Mélanges formés d'un équivalent d'éther acétique et de deux équiv. d'eau.

Températ.	Durée.	Volume occupé par 1 gramme.	Prop. d'éther décomposé.
200	$\frac{1}{2}$ h.	2cc, 3	11,5
200	142 h.	476 , 0	insensible.

Ici encore le système liquide donne lieu à une réaction plus rapide que le système gazeux. La différence est même bien plus tranchée que dans le système réciproque, car la réaction du système liquide arrive en une $\frac{1}{2}$ heure presque au tiers de sa course totale (la limite étant représentée par 33,5 environ d'éther décomposé), tandis que, dans le second, elle n'est pas encore commencée en une proportion sensible au bout de 142 heures; or, dans le système gazeux formé d'alcool et d'acide, 10 heures avaient suffi pour combiner dix centièmes.

Remarquons encore que ce dernier fait vient à l'appui de ce qui a été dit ailleurs sur la décomposition des éthers par l'eau, plus lente que leur formation; il est d'autant plus décisif qu'il s'agit dans les deux cas d'un système gazeux et homogène.

Quoi qu'il en soit, il résulte des expériences précédentes et de diverses autres du même genre qu'un système pondéral déterminé, de l'ordre de ceux sur lesquels nous opérons, étant réduit à l'état gazeux donne lieu à une réaction bien plus lente que le même système pris sous forme liquide.

3° Voici maintenant une autre série qui prouve que dans un même système gazeux, l'action est d'autant plus lente que le système est plus dilaté.

Mélange d'un équiv. d'ac. acétique et d'un équiv. d'alcool.

Tempér.	Durée.	Volume par 1 gramme.	Prop. d'ac. éthérifiée.
200°	208h	555cc	47,8
200	458	1562	49,0

La proportion éthérifiée est à peu près la même dans les deux cas, et cependant la durée de la réaction a été plus que

doublée dans le second cas. Il a suffi, pour obtenir ce résultat, de tripler le volume gazeux du second mélange.

Il est important de faire remarquer en outre que, malgré la haute température employée dans ces expériences et malgré leur durée prolongée pendant un si grand nombre d'heures, la combinaison était loin d'avoir atteint sa limite définitive, car cette limite est située au delà de 70 et probablement même au delà de 80 centièmes, comme on l'établira ailleurs.

4° Passons à une série réciproque de la précédente, c'est-à-dire effectuée par un mélange d'éther acétique et d'eau.

Temp.	Durée.	Volume occupé par 1 gramme.	Proportion d'éther décomposée.
200°	$\frac{1}{4}$ h.	20cc	0,5
200	142	476	insensible.

Ici encore l'action a marché plus vite dans le système le plus condensé. Il est permis d'ailleurs d'assimiler les deux systèmes à des systèmes gazeux. La chose n'est pas douteuse pour le dernier; quant au second, d'après divers faits et calculs qu'il serait trop long d'indiquer ici, il est probable qu'il est presque complétement gazeux.

5° Pour achever de caractériser les effets de l'état gazeux, nous ajouterons que cet état a pour effet de reculer la limite qui répond à l'équilibre définitif. Nous nous bornerons quant à présent à citer une seule série pour démontrer qu'il en est ainsi, nous réservant d'y revenir.

Nature des mélanges.	Temp.	Durée.	Volume occupé par 1 gramme.	Proport. d'acide éthérifiée.
1 équiv. ac.	200°	22h	5cc,4	66,4
acétique + 1	200	77	37	72,3
équiv. alcool	200	77	53	76,0
1 équiv. éther	200	77	35	72,7
acétiq. + 2HO	200	77	62	78,4

On voit que la limite a été reculée du huitième environ de sa valeur par l'effet de la dilatation du système, portée dans le second cas au septuple de ce qu'elle est dans le premier.

Elle a été reculée du sixième par l'effet d'une dilatation décuple et du cinquième par une dilatation douze fois aussi grande. Or, le premier système en grande partie liquide s'est

arrêté à la limite relative à l'état liquide ; tandis que les quatre derniers, complétement gazeux à 200°, sont arrivés à un état de combinaison plus avancée.

En résumé 1° *l'état gazeux détermine un ralentissement de l'action chimique*, soit qu'il s'agisse de la combinaison des acides avec les alcools, soit qu'il s'agisse de la décomposition réciproque des éthers par l'eau ; 2° *ce ralentissement croît avec la dilatation* des systèmes mis en expérience ; enfin, 3° *dans un système gazeux la formation d'un éther neutre va plus loin que dans le même système liquide.*

Abordons maintenant l'explication de ces résultats. Deux causes peuvent les produire : 1° la pression ; 2° la condensation inégale de la matière. Il faut isoler ces deux causes pour les discuter séparément.

En ce qui touche la pression pure, nous avons vu qu'une pression de 50 à 100 atmosphères, agissant sur un système liquide, n'exerce pas d'influence bien sensible sur la combinaison.

Nous allons maintenant citer une expérience pour montrer que, si l'on fait varier le volume gazeux, la pression demeurant constante, le ralentissement dans la combinaison se produit avec les mêmes caractères qui viennent d'être définis.

Reportons-nous à l'un des faits cités plus haut, dans lequel la volatilisation était presque totale, sans cependant pouvoir être regardée comme complète, et comparons-le à une expérience faite à la même température, pendant le même temps, mais au sein d'un espace vide bien moins considérable.

Éther acétique + 2 équivalents d'eau.

Température.	Durée.	Volume occupé par 1 gramme.	Proportion d'éther décomposée.
200°	$\frac{1}{2}$ h	20cc	0,5
200	$\frac{1}{2}$	2cc,3	11,5

Il résulte de ces données que les deux systèmes renferment un excès de liquide, mais avec un espace vide ou plutôt rempli de vapeur extrêmement inégal. Dans le deuxième système la dilatation a dû doubler environ le volume du liquide ; le volume occupé par la partie gazeuse est donc très minime ; tandis que, dans le premier système, la presque totalité a pris l'état gazeux, sauf une petite quantité qui a dû demeurer liquide. D'où il suit que dans les deux essais en question la tension gazeuse était la même, mais que le volume gazeux

était très différent. Le ralentissement observé ne dépend donc pas de la différence des pressions, mais de celle des volumes gazeux.

Une démonstration du même genre s'applique à l'accroissement de la proportion maximum que limite l'éthérification. Voici entre autres une expérience qui le prouve :

Nature du mélange.	Tempér.	Durée.	Volume occupé par 1 gramme.	Proportion d'acide éthérifiée (limite).
1 équiv. alc. amylique 1 équiv. ac. acétique	210_0	43^h	$2^{cc},8$	68,2
1 équiv. alc. amylique 1 équiv. ac. acétique	210	43	$13^{cc},3$	72,4

Ici l'on ne saurait admettre qu'il y ait vaporisation totale ni dans le premier cas, ni dans le second cas, parce que la tension de l'alcool amylique n'est pas suffisante. Dès lors la pression en tension de vapeur des deux systèmes est la même. Ce qui diffère, c'est le volume gazeux de la partie vaporisée : or la limite s'est élevée en même temps que ce volume gazeux.

III. *État de dissolution dans un menstrue étranger à la réaction.*

Au lieu de faire varier le volume occupé par un poids donné de matière en le réduisant à l'état gazeux, on peut encore le faire varier à l'aide d'un dissolvant qui n'entre pas dans la réaction. Bien que ce procédé donne lieu à des résultats moins concluants que les précédents, parce que le dissolvant exerce une action de présence qui modifie la réaction, cependant nous croyons utile de donner les résultats obtenus ; ils ont une signification analogue aux précédents, du moins en ce qui touche le ralentissement de l'action chimique.

Nous avons opéré avec deux dissolvants : l'éher anhydre et la benzine cristallisable.

1. *Benzine.* La benzine est sans action sur les acides organiques ; l'éther anhydre n'exerce aucune réaction sur eux-même à 100°.

Voici les résultats, comparés à ceux d'un système normal formé d'alcool et d'acide acétique.

Mélange avec benzine :

Acide acétique	(1 équiv.)	$5^{gr},54$
Alcool	(1 équiv.)	4 ,34
Benzine		33 ,25

Le rapport est approximativement celui de quatre volumes de benzine pour un volume du mélange d'alcool et d'acide.

On a opéré simultanément sur un mélange d'alcool et d'acide acétique à équivalents égaux. Les deux mélanges ont été soumis à des conditions absolument identiques. On a opéré à 100°.

Temp.	Durée.	Mélange normal. Proport. d'ac. éthérifié.	Mélange dissous dans de la benzine. Proport. éthérifiée.
100°	4h	25,8	16,8
	15	47,4	24,9

On voit que la dilatation du mélange éthérifiable, distendu au sein du dissolvant, a ralenti l'action dans une proportion considérable. On n'a pas pu poursuivre l'expérience sans que les mêmes conditions fussent modifiées, parce que l'eau produite dans la réaction a commencé à se séparer du système au bout de 15 heures. Malgré cette complication, qui détruit l'homogénéité, on a cependant continué. Au bout de 83 heures, à 100 degrés, l'eau s'était séparée en abondance; on a trouvé :

Dans le mélange normal 60,6
Dans le mélange avec benzine, *dosé en totalité* 60,8

Identité de résultat qui a paru assez singulière pour être signalée.

2. *Ether*. L'éther anhydre ne donne pas lieu à la même complication que la benzine, les systèmes dans lesquels il joue le rôle de dissolvant demeurent homogènes jusqu'au bout. On l'a employé comme dissolvant dans deux proportions différentes.

1er mélange, avec 5 volumes d'éther :

Acide acétique	(1 équiv.)	5gr,54
Alcool	(1 équiv.)	4 ,34
Éther		36 ,26

2e mélange, avec 12 $\frac{1}{2}$ volumes d'éther :

Acide acétique	(1 équiv.)	5gr,54
Alcool	(1 équiv.)	4 ,34
Éther		99 ,30

Les expériences ont été faites à 100°, simultanément avec celles relatives à la benzine.

Mélange normal.			Mélange dissous dans l'éther.	
			5 v.	12 v. $\frac{1}{2}$.
Temp.	Durée.	Prop. éthér.	Prop. éthér.	Prop. éthér.
100°	15h	47,4	5,9	non dosable.
—	32	55,7	19,3	8,3
—	83	60,6	29,9	13,8
—	500	(66,5)	60,4	»

Ce tableau donne lieu à plusieurs remarques :

1° La dilution a ralenti extrêmement la combinaison : et cela d'autant plus que la dilution a été plus considérable. Ce ralentissement est tel que nous avons dû renoncer à atteindre la limite de la combinaison, malgré le désir que nous avions d'abord de la déterminer.

2° Avec une solution éthérée, l'action commence lentement, s'accélère, puis se ralentit, comme cela résulte des nombres suivants :

Intervalle.	Durée.	Proportion moyenne combinée en une heure dans chaque intervalle.	
		1er mélange éthéré.	2e mélange.
		5 v.	12 v. $\frac{1}{2}$
	15 h.	0,35	non dosable.
De la 15e à la 32e	17 h.	0,83	0,49
De la 32e à la 83e	51 h.	0,21	0,10

Ce fait d'une accélération initiale n'est pas sans analogue dans nos expériences. En effet, nous avons déjà remarqué une accélération sensible avec le mélange normal, entre 6° et 9° ; elle a été bien plus marquée avec le mélange d'alcool et d'acide valérique, lequel s'éthérifie plus lentement que celui d'alcool et d'acide acétique. Cette accélération initiale paraît donc constituer un caractère général de ce genre d'action. Ce caractère se manifeste principalement lorsque les combinaisons sont suffisamment lentes. Nous le retrouvons encore dans la réaction du mélange normal, en présence de l'eau.

3° L'éther ralentit l'action dans une proportion plus forte que la benzine. A la vérité, le premier mélange éthéré est un peu plus dilué que le mélange benzine dans le rapport de 6 : 5. Mais la marche du premier est tellement plus lente que celle du second, que nous regardons cette conclusion comme autorisée. Ceci nous montre que chaque dissolvant joue un rôle spécial pour modifier la réaction qui s'exerce dans son sein

et à laquelle il ne concourt pas par ses éléments; c'est une action de présence dans toute sa simplicité.

4° La marche du phénomène ne présente aucune relation avec la pression exercée sur le système. En effet, l'éther à 100° exerce par suite de sa tension une pression très supérieure à celle qu'exerce la benzine; cependant la benzine retarde la combinaison notablement et l'éther la retarde beaucoup plus encore que la benzine.

Parmi les conséquences que l'on peut tirer de ces faits, au point de vue des applications, il en est une qu'il faut signaler spécialement : c'est que l'éthérification est entravée et ralentie par l'emploi de dissolvants neutres étrangers à la réaction. Il faut donc opérer l'éthérification directement toutes les fois que la chose est possible.

D'après cet ensemble de faits concordants relatifs :

1° A des systèmes liquides comprimés comparés à des systèmes semblables non comprimés;

2° A des systèmes liquides comparés à des systèmes complétement gazeux;

3° A des systèmes en partie liquide, en partie gazeux, mais dans lesquels le rapport entre les deux parties varie;

4° A des systèmes dans lesquels les corps réagissants sont répartis au sein d'un dissolvant;

Nous sommes conduits à attribuer les effets principaux observés à la condensation inégale de la matière dans les systèmes mis en expérience. La pression ne joue pas un rôle direct dans ces phénomènes; lorsqu'elle agit, c'est principalement en faisant varier les distances intermoléculaires. S'exerce-t-elle sur un liquide, la pression, même quand elle s'élève à 50 ou 100 atmosphères, ne condense la matière que d'une fraction très faible de son volume primitif. Elle ne diminue les distances intermoléculaires que dans une proportion presque insensible; aussi, dans ce cas, ses effets sont-ils à peu près négligeables.

Au contraire, si la pression agit sur un système gazeux, elle fait varier considérablement la distance des molécules, et exerce ainsi une influence indirecte sur la réaction. C'est donc cette distance qui domine toute la question, et l'importance que nous lui attribuons est conforme aux notions fondamentales de la chimie. L'expérience prouve que dans l'éthérification la variation de cette distance joue deux rôles. D'une part, l'action est d'autant plus lente que l'écartement

des molécules est plus grand; cela est facile à comprendre. Mais l'autre effet est plus inattendu. l'écartement des molécules permet à la combinaison d'un acide et d'un alcool d'atteindre une proportion maximum qui augmente avec la distance intermoléculaire. »

[Pendant les vacances de la Société M. Trécul a fait insérer dans le journal *l'Institut* les trois notes suivantes qu'il a communiquées ensuite à la Société dans la séance de rentrée.]

1re note de M. Trécul. — *Des vaisseaux propres en général et de ceux des Cynarées laiteuses en particulier.*

Les premiers anatomistes appelaient vaisseaux laiteux tous les canaux qui dans les plantes renferment un suc trouble de l'aspect du lait, ou même d'une autre couleur, comme les sucs du *Chelidonium*, du *Sambucus*, etc.; mais quand on eut découvert que beaucoup de ces vaisseaux sont pourvus d'une membrane propre, qui leur donne une certaine ressemblance avec les artères et les veines des animaux, on distingua soigneusement les canaux qui possèdent une telle paroi de ceux qui n'en ont pas. Le suc des premiers fut un suc vital, celui des autres une simple sécrétion ou excrétion oléorésineuse. Les anatomistes mêmes qui ne regardent pas le latex comme un suc concourant à la nutrition mettent la plus grande attention à distinguer les deux sortes d'organes. — Ce qui suit tend à prouver que cette distinction est illusoire, que les sucs laiteux des Ombellifères, des Clusiacées, des Térébinthacées, que les sucs limpides des Conifères et de la plupart des Composées sont, pour l'anatomiste, les analogues de ceux des Chicoracées des Apocynées, des Euphorbes et des Papavéracées, quelque différentes que soit la forme et l'origine des canaux qui les contiennent, et quelle que soit d'ailleurs l'opinion que l'on admette sur leur destination.

Qu'est-ce, en effet, qui doit déterminer la nature d'un liquide? Ce serait assurément sa fonction si elle était toujours facile à connaître. Mais, dans l'absence de ce critérium, pourquoi s'est-on servi plutôt de la forme du conduit ou du récipient que des propriétés du suc? (La constitution des vaisseaux présente autant de variété que l'aspect des sucs eux-

mêmes.)C'est que notre esprit aime la précision, et qu'après la découverte d'une membrane chez les vaisseaux à suc laiteux de bon nombre de plantes, chacun fut vivement frappé de cette observation ; plusieurs anatomistes pensèrent que ces canaux forment un système continu, composé d'une seule cellule qui s'étendrait dans toutes les parties du végétal, comme le dit Meyen dans sa Phytotomie, p. 281. Pourtant, avant cette époque, Moldenhawer avait déjà vu des laticifères composés de cellules superposées, et plus tard, quand Link et après lui Schleiden, Unger et Schacht eurent trouvé, aux longs tubes, des extrémités ou des ramifications terminées en cæcum, quand d'un autre côté Meyen eut annoncé qu'il existe des fibres du liber branchues, certains anatomistes furent portés à croire que les laticifères sont composés de cellules distinctes les unes des autres, ne formant pas un système, que ce sont des cellules du liber ramifiées et contenant du suc laiteux, comme le dit Schacht Il est cependant bien manifeste que, chez un assez grand nombre de plantes, les laticifères sont réunis en réseau à mailles plus ou moins étendues. D'autre part, mes observations sur des Euphorbes, des Figuiers, le *Vasconcella quercifolia,* un Mûrier, etc., démontrent que les laticifères, dans plusieurs familles, passent de l'écorce dans la moelle, en traversant le bois, qu'ils parcourent souvent dans toutes les directions. (Voyez *l'Institut,* numéro du 5 décembre 1860.)

En reconnaissant la grande diversité de structure des laticifères pourvus d'une membrane, en réfléchissant aux propriétés différentes du suc dans ces mêmes vaisseaux, puisqu'il varie d'aspect non-seulement dans des plantes diverses, mais encore dans le même végétal, suivant l'âge de la partie qui le renferme, je suis porté à réunir le latex proprement dit, le suc laiteux des Clusiacées, des Ombellifères, des Térébinthacées, etc , les sucs oléo-résineux des Conifères et de la plupart des Composées, enfin les sucs gommeux des Cycadées et des *Carludovica,* etc., dans un même groupe, sous l'ancien nom de *sucs propres,* qui tous, il me semble, concourent à la nutrition.

Si l'on persistait à faire des laticifères un groupe séparé ; si l'on tenait à ne considérer comme laticifères que les tubes à suc laiteux qui forment un système vasculaire parfait, et ceux qui sont composés de cellules plus ou moins allongées ou superposées en séries qui paraissent indépendantes les unes des autres, ou bien, avec quelques anatomistes, si l'on voulait

qu'ils fussent toujours des cellules distinctes, simples ou ramifiées, des fibres du liber contenant du suc laiteux, une multitude d'exemples pourraient être opposés à chacun de ces systèmes. Il est une plante entre toutes qui aurait dû embarrasser beaucoup les auteurs de ces distinctions arbitraires, et pourtant elle est toujours citée comme un des beaux exemples de latex coloré. Cette plante est le *Sanguinaria*. C'est qu'aucun des anatomistes ne s'est aperçu des objections qu'elle soulève contre les opinions dont je viens de parler. En effet, le *Sanguinaria Canadensis* fut toujours regardé comme une plante contenant un latex véritable, car ses pétioles et ses pédoncules renferment de longs tubes à membrane, qui enserrent le beau suc rouge auquel ce végétal doit son nom; mais si l'on cherche ce suc dans le rhizome, on le trouve contenu dans des cellules superposées en séries longitudinales, et qui ne se touchent souvent que par des surfaces extrêmement limitées. Le suc de ces cellules est limpide; on y aperçoit seulement quelques gros globules nacrés, qui jaunissent ou brunissent par l'iode. Outre ces cellules disposées en séries, il en existe d'autres qui sont éparses, isolées dans le parenchyme, et qui ont tous les caractères de celles qui sont en séries et qui sont la prolongation des laticifères tubuleux des pétioles et des pédoncules. — Voilà donc des cellules isolées, à suc limpide, mais rouge, que l'on ne saurait séparer des laticifères, tandis que l'on attache la plus grande importance à en éloigner des canaux pleins de suc laiteux (ceux des *Clusia* par exemple), que l'on a confondus avec ces mêmes laticifères jusqu'à ce que l'on ait reconnu qu'ils n'ont pas de membrane propre. D'autre part, M. Schultz appelle *latex*, *suc vital*, le suc laiteux des Ombellifères, parce qu'il le croit renfermé dans des vaisseaux munis d'une membrane, et il recommande de ne pas confondre ces vaisseaux avec les canaux oléorésineux des mêmes plantes. C'est là une grande illusion, car le suc laiteux des Ombellifères n'est autre que l'oléorésine très divisée, émulsionnée, dans les parties jeunes de ces végétaux, mais dont les fins globules se réunissent en gouttes et ensuite en colonnes limpides d'un liquide homogène. — Cette propriété de se réunir en colonnes limpides appartient aussi à beaucoup de latex renfermés dans des vaisseaux membraneux. Les Apocynées, etc., en offrent des exemples. Dans le *Vinca major*, entre autres, de même que dans les Ombellifères et dans plusieurs Térébinthacées, le suc n'est laiteux que dans les parties jeunes de la tige. — Un autre caractère rapproche encore le

suc des Ombellifères, etc., de celui des plantes dites à latex : c'est que dans ces végétaux (*Anthriscus vulgaris*, etc.), aussi bien que dans quelques Papavéracées, telles que le *Macleya cordata*, et des espèces appartenant à d'autres familles à laticifères membraneux, il disparaît de bas en haut à mesure que la plante avance en âge (ce fait fut observé pour la première fois par Bernhardi dans l'*Asclepias fruticosa*); ce qui paraît impliquer une similitude de fonction pour ces liquides.

Les anatomistes modernes ont dû éprouver de l'hésitation en présence de la famille des Composées, chez laquelle ils ont trouvé des vaisseaux laiteux munis d'une membrane dans les Chicoracées, et des canaux oléorésineux dépourvus de membrane dans les autres tribus (comme chez les Ombellifères, les Clusiacées, etc.). Néanmoins ces anatomistes sont restés fidèles à leur système ; ils ont séparé les sucs propres des Chicoracées, de ceux des Sénécionidées, des Astéroïdées, etc. Les *Lactuca*, les *Tragopogon* eurent un latex, les *Centaurea*, les *Cynara* n'en eurent pas. Pourtant les Cynarées auraient dû éclairer les observateurs, car cette tribu renferme à la fois des plantes à suc laiteux et des plantes à sucs propres limpides. Le suc laiteux fut signalé par Meyen dans sept genres étrangers à la tribu des Chicoracées (ce sont les genres *Arctium*, *Carduus*, *Cirsium*, *Silphium*, *Cacalia*, *Tussilago* et *Vernonia*). Ce botaniste admit dans ces plantes un système de laticifères en tout semblable à celui des autres plantes lactescentes qu'il nomme. Il est évident que Meyen s'est borné à constater la présence du suc laiteux ; il n'a point observé la structure des vaisseaux qui le contiennent, attendu que, sur les sept genres qu'il cite, trois (les genres *Silphium*, *Cacalia* et *Tussilago*) n'ont que des canaux oléorésineux sans membrane (je n'y ai même pas aperçu de suc laiteux). Quant aux genres *Arctium*, *Carduus*, *Cirsium* et *Vernonia*, ils laissent échapper du suc blanc dans la jeunesse des tiges et des feuilles, et ce suc est renfermé dans des tubes membraneux ; mais ces tubes ne constituent point un système de vaisseaux communiquant entre eux par de fréquentes anastomoses comme cela a lieu chez les Chicoracées. Ces vaisseaux consistent en cellules courtes dans les parties jaunes de la plante (je recommande le *Cirsium lanceolatum* comme particulièrement favorable à cette vérification) et fort longues dans les parties plus âgées. J'en ai mesuré d'incomplètes qui avaient malgré cela $3^{mm},33$ de longueur, obtenues du *Lappa communis*). Ces cellules sont cylindroïdes, obtuses aux extrémités, ou s'atténuant graduel-

lement en pointe mousse. Elles sont appliquées sur les faisceaux du liber comme les laticifères des parties aériennes des Chicoracées ; elles sont juxtaposées les unes sur les autres et même quelquefois groupées. — Dans bon nombre d'espèces (*Lappa*, etc.) on en trouve au côté interne des faisceaux vasculaires aussi bien qu'au côté externe. Les globules de leur suc sont généralement assez gros et toujours incolores; mais dans les parties âgées de la tige, ces globules se réunissent en une colonne liquide très visqueuse, et les vaisseaux se vident souvent dans les parties les plus vieilles.

Comme, dans la tribu des Cynarées, les plantes qui sont pourvues de tels vaisseaux laiteux sont réparties dans des sous-tribus différentes, mêlées à des végétaux qui n'ont que des canaux à suc non laiteux et non revêtus de membrane propre ; et comme, d'ailleurs, quelques espèces à suc laiteux ont pu être introduites dans des genres à suc non lactescent et *vice versâ*, je crois devoir énumérer ici toutes les espèces que j'ai pu étudier. Un exemple d'une semblable transposition m'a été offert par le *Serratula gigantea* Desf., qui fut décrit aussi sur les noms de *Cirsium prœaltum* Cass. et *Cirsium ruthenicum* Fisch. Cette plante a des vaisseaux laiteux comme les *Cirsium*, tandis que les *Serratula* en sont dépourvus, elle a d'ailleurs les caractères des *Cirsium*.

Voici donc la liste des espèces qui ont fait l'objet de mes études : *Cirsium arvense* Lamk., *C. oleraceum* All., *C. lanceolatum* Scop., *C. anglicum* Lamk., *C. palustre* Scop., *C. prœaltum* Cass.; *Carduus nutans* L., *C. crispus* L.; *C. tenuiflorus* Smith.; *Onopordon acanthium* L.; *Carlina vulgaris* L., *C. longifolia* Reich., *C. salicifolia* Less.; *Jurinea alata* Cass.; *Notobasis syriaca* Cass.; *Tyrimnus leucographus* L.; *Galactites tomentosa* D. C., *G. Duriœi* Spach; *Silybum marianum* Gaertn., *S. viride* Willd.; *Echenais nutans* ; *Arctium lanuginosum* D. C.; *Lappa communis* C. et G. Les *Vernonia eminens* Bisch., *V. noveboracensis* Willd., *V. prœalta* Willd. m'ont offert des laticifères qui ont tous les caractères de ceux des Cynarées que je viens de citer. Le *Vernonia flexuosa* Sims. ne m'en a pas montrés. Est-ce bien un *Vernonia?*

Voilà donc de vrais laticifères dans les Cynarées, et cependant les *Cynara*, *Acroptilon*, *Rhaponticum*, *Serratula*, *Carduncellus*, *Centaurea*, etc., etc., qui y sont mêlés, n'en possèdent pas; ils n'ont que des canaux oléorésineux. Peut-être qu'une révision de cette tribu permettra de rapprocher da-

vantage les genres à suc laiteux qui sont épars dans des sous-tribus différentes.

Non-seulement les divers genres de ce groupe peuvent offrir des vaisseaux propres différents, mais encore la même plante présente souvent les deux sortes de vaisseaux à la fois, de manière qu'il y a une transition réelle entre les laticifères et les canaux dits oléorésineux. En effet, chez toutes les plantes à suc laiteux de cette tribu, dont j'ai pu examiner la racine (je l'ai étudiée dans toutes les espèces indigènes citées, ainsi que dans le *Jurinea alata* et les *Vernonia prœalta* et *eminens*), j'ai trouvé que les vaisseaux propres, au lieu d'être laiteux dans la tige et dans la racine, comme c'est ordinairement le cas, le sont seulement dans la tige. Dans celle-ci le suc est donc laiteux, tandis que dans la racine il est seulement limpide, d'aspect oléeux. Dans la tige les vaisseaux ont une membrane propre ; dans la racine ils n'en ont pas et ressemblent à des méats plus ou moins élargis. Les canaux oléorésineux sont donc substitués aux vaisseaux laiteux dans le caudex descendant. Toutefois, leur position relative y est un peu différente de celle des vaisseaux laiteux dans la tige. Ceux-ci sont étendus sur le liber, soit au côté externe, soit au côté interne des faisceaux fibro-vasculaires, tandis que les vaisseaux propres de la racine ne sont pas contigus au liber; ils sont plus ou moins retirés vers la partie moyenne de l'écorce. Cependant, dans le *Cirsium prœaltum*, ils sont encore près du liber, dont ils ne sont guère séparés que par la distance d'une cellule. Quant il y en a plusieurs, ils sont disposés de distance en distance au pourtour du liber; quand il n'y en a que deux, ils sont sur les côtés de chaque faisceau libérien. Dans les racines adventives des *Vernonia prœalta*, *eminens*, les vaisseaux propres sont situés dans l'écorce interne, assez près du corps ligneux. Dans les autres plantes que j'ai examinées sous ce rapport, ils s'éloignent davantage vers la partie moyenne de l'écorce. — La substitution des canaux oléorésineux aux vaisseaux du suc laiteux dans la racine de ces végétaux, me paraît un argument puissant en faveur de l'assimilation, au point de vue anatomique et physiologique, des liquides, qu'ils contiennent.

Ces vaisseaux propres de la racine, chez plusieurs espèces, laissent souvent voir à leur pourtour une pellicule mince, colorée, que l'on isole avec facilité dans le *Cirsium prœaltum* Cass. Cette pellicule se fragmente assez aisément, et contient assez ordinairement quelques gouttes oléagineuses, qui peuvent être brunies comme elle ; ce qui semble attester qu'elle

est produite par la matière oléorésineuse elle-même.

J'ai observé de pareilles formations dans les canaux oléorésineux de quelques autres plantes. Dans les rameaux du *Kentrophyllum lanatum*, la colonne liquide (cette plante n'a pas de suc laiteux) se solidifie entièrement; dans la tige du *Carthamus tinctorius*, le suc se condense sur les parois du canal de manière à former un tube plus ou moins épais, dans lequel on perçoit des gouttes de liquide oléeux. Dans quelques autres plantes, j'ai obtenu l'apparence de cellules fibreuses véritables, et aussi celle de cellules courtes, à parois plus ou moins épaisses. De nouvelles études sont nécessaires pour déterminer la nature réelle de ces dernières productions.

2e note de M. Trécul. — *De l'épaississement des membranes cellulaires*.

Au commencement du siècle, MM. de Mirbel et Treviranus ont observé que les cellules ligneuses d'abord minces s'épaississent considérablement; mais ils n'ont pas signalé la stratification de ces membranes épaissies. C'est M. Mohl qui, le premier, l'a décrite et a annoncé que l'apparition de ces couches a lieu de manière que la plus externe est la plus âgée et la plus interne la plus jeune, Valentin, Meyen, Schleiden, Unger, Schacht, Pringsheim, pensent aussi que ces couches sont produites de la circonférence au centre par des dépôts successifs de matière contenue dans le liquide de la cellule. — M. Harting a émis une opinion diamétralement opposée. Il regarde la membrane interne comme la plus vieille et la membrane externe comme la plus jeune. Pour M Harting, une première couche est formée; à travers cette couche exsude une matière dont une partie se dépose comme cuticule de la cellule, tandis que l'autre partie se mêle à la cellulose de la première couche, la couche interne. Ce dépôt se fait de façon que, tant que l'organe qui contient les cellules s'étend, la cavité de ces cellules peut s'étendre aussi; mais, quand l'accroissement de l'organe est achevé, les cellules cessent de s'élargir; alors, si les membranes continuent de s'épaissir, l'épaississement est comme refoulé vers l'intérieur de la cavité cellulaire, qui par là se rétrécit. — M. Mulder admet aussi qu'une première membrane composée de cellulose est d'abord produite, qu'à l'extérieur de celle-ci s'en dépose une deuxième,

qui a une composition différente, et enfin qu'une troisième couche, de composition particulière aussi, vient s'interposer entre les deux précédentes. — L'opinion de ces deux derniers savants, se rapportant à des fibres du liber et du bois, est illusoire. Seulement, M. Harting paraît être tombé par hasard sur la vérité, en jugeant de la structure de l'albumen du *Phytelephas* et de l'*Iris* imparfaitement étudiée, que cet albumen s'épaissit par intussusception. — En 1854, j'ai publié un mémoire dans lequel je donne bon nombre d'exemples de cellules qui s'épaississent par intussusception et *dédoublement* des membranes cellulaires. J'insiste beaucoup sur la nécessité de ne pas tirer de conclusions générales; aussi n'ai-je point nié absolument les dépôts de couches secondaires. Je me suis borné à démontrer que, dans les cas que je décris, de tels dépôts n'existent pas.

En 1858, M. Nægeli (*Die Starkekorner*) hésite entre l'épaississement par intussusception et l'épaississement par apposition. Il dit (p. 277) que l'intussusception explique de la manière la plus simple tous les phénomènes de l'accroissement en surface et en épaisseur; et cependant (p. 286) il ajoute : « On peut penser que chaque couche naît par apposition, mais qu'elle croît en étendue et en épaisseur par intussusception. »

On voit par l'aperçu historique qui précède que la plus grande incertitude règne sur la manière dont les cellules s'épaississent. Ayant reconnu depuis quelques années qu'il y a réellement des cellules dont l'épaississement se fait par des dépôts opérés par le liquide du contenu cellulaire, ayant observé avec précision les circonstances de ce dépôt, qui n'ont été vues par aucun des anatomistes qui l'admettent, je me propose de décrire brièvement ici divers types de l'accroissement des cellules en épaisseur.

Certaines cellules s'épaississent par intussusception, d'autres cellules s'épaississent par apposition.

A. Par l'*intussusception* la membrane prend au liquide de la cellule des matières qu'elle élabore et conserve au milieu de sa propre substance, interposant ainsi de nouvelles molécules entre celles qui existaient déjà. Mais l'intussusception ne sert pas seulement, comme le croient encore la plupart

des anatomistes, à l'extension de la cellule, elle sert aussi à son épaississement; et en s'épaississant par intussusception, la membrane ne se borne pas à accroître son diamètre, elle produit aussi des couches nouvelles, et quelquefois en très grand nombre. — Voici quelques exemples : Dans l'albumen du *Sabal* les cellules sont parfaitement isolées les unes des autres quand elles commencent à s'épaissir ; elles sont globuloïdes ou un peu comprimées et laissent entre elles des méats assez considérables, ce qui permet de discerner aisément ce qui se passe en elles. Chaque cellule s'épaissit sur plusieurs places à la fois, laissant entre ces places des intervalles non dilatés. Quand l'épaississement a acquis un certain degré, il se partage en trois couches : une sur la surface interne de la cellule, une autre sur la face externe, la troisième est interposée entre celles-ci et beaucoup plus épaisse qu'elles. Les cellules ont encore, à cette époque, leur forme globuloïde, mais, en grandissant, elles s'appliquent plus intimement les unes sur les autres et prennent l'aspect qu'elles ont dans l'albumen arrivé à maturité.

La formation de la cuticule et des couches sous-cuticulaires a lieu par un dédoublement un peu différent du précédent. La paroi du côté externe de chaque cellule épidermique s'épaissit un peu, puis elle se partage en deux lames parallèles, l'une interne continue à faire partie de la cellule, l'autre externe constitue la cuticule simple. Puis, par intussusception, la membrane interne s'épaissit et se dédouble ainsi un grand nombre de fois ; il en résulte les couches sous-cuticulaires.— Suivant M. Mohl, au contraire, la membrane externe tout entière de chaque cellule épidermique forme la cuticule, et les couches sous-cuticulaires sont successivement apposées sur la surface interne de cette membrane. Nous verrons tout à l'heure qu'il ne saurait en être ainsi, parce que les couches produites par apposition sont très obscures dans leur jeunesse, tandis que dans la formation par intussusception la membrane interne génératrice est toujours très brillante.

Les cellules du collenchyme s'épaississent par intussusception. Je n'en dirai rien de plus ici, parce que je les décrirai dans un travail spécial sur la substance dite intercellulaire.

L'évolution des spiricules et des anneaux des cellules du corps ligneux des *Echinocactus*, des *Mamillaria* et des *Melocactus* est aussi un bel exemple de l'intussusception. La membrane des jeunes cellules est très transparente, et rien dans l'intérieur ne peut gêner l'observation. La spiricule s'annonce *dans l'épaisseur même de la membrane*, par une ligne claire, en hélice, à circonvolutions très éloignées les unes des autres. Cet aspect de la jeune spiricule plus claire que le reste de la membrane, et dans l'épaisseur de celle ci, éloigne déjà toute idée de dépôt de granules ou de tout autre dépôt. Bientôt cette hélice fait dans la cavité cellulaire une saillie qui augmente graduellement. Elle s'étend ainsi jusque vers le centre de la cellule sous la forme de ces belles spirales que l'on a comparées à un escalier à vis. Coupées transversalement, ces spiricules se montrent composées d'une membrane périphérique mince et d'une substance centrale plus terne. L'évolution des anneaux, à part leur forme, présente les mêmes phénomènes.—Dans sa nouvelle édition des *Grundzüge* (1861), M. Schleiden soutient encore que ces spiricules et ces anneaux sont produits par le dépôt successif de couches concentriques. Je crois que M. Schleiden serait fort embarrassé si quelques-uns des botanistes qui l'entourent le priaient de leur montrer cette disposition stratifiée de la circonférence au centre de la cellule.

Voici maintenant un exemple de l'épaississement par intussusception d'une membrane commune à deux cellules adjacentes. A l'origine des cellules ligneuses du *Taxus baccata*, les cavités ne sont séparées que par une simple membrane. Bientôt cette membrane s'épaissit par intussusception; elle se gonfle à diverses places, et, quand elle a acquis un certain diamètre, on voit la membrane propre à chaque cellule apparaître sur chacun des côtés de l'épaississement. C'est à l'intérieur de cette membrane que sont produites les formations secondaires internes.

Je ne puis me dispenser de rappeler ici encore un autre type, qui est en opposition avec celui de la formation de la spiricule chez les *Cactées*, etc. Il est donné par les cellules spiralées particulières à certaines Orchidées. Dans le *Lepanthes cochlearifolia* les spiricules naissent ordinairement quand

les cellules contiguës ne sont encore séparées que par une membrane simple ; mais dans le *Physosiphon Loddigesii*, elles ne se développent souvent que lorsque les membranes des cellules adjacentes sont tout à fait isolées. La membrane se plisse suivant une ligne spirale, puis elle dépose dans les sinus externes la matière gélatiniforme qu'elle a élaborée. La densité de cette matière va en diminuant de l'intérieur à l'extérieur ; mais quand l'épaississement cesse, la densité augmente à l'extérieur, et là apparaît à la fin une membrane qui se soude avec la membrane primaire et clôt la spiricule. — Très souvent, chez les Orchidées qui présentent de telles spiricules, celles-ci ne sont pas fermées par une telle membrane, et la spiricule semble alors constituée par de la substance intercellulaire.

Voilà donc divers genres d'épaississement très différents à première vue, mais qui tous ont pour caractère commun l'élaboration de leur substance par la membrane génératrice interne qui limite la cavité cellulaire.

B. *Apposition.* J'arrive maintenant à des formations secondaires d'un tout autre ordre, à des couches formées par dépôt de matières élaborées par le liquide de la cellule ; mais ces dépôts ne se font ni sous la forme de fines granulations comme l'a pensé Valentin, ni sous celle de bandelettes hélicoïdes comme l'a supposé M. Schleiden, ni à la surface d'une pellicule azotée dite *utricule primordiale,* comme le prétend M. Mohl; mais elle a lieu par zones souvent fort épaisses, d'un quart de centième, d'un demi, d'un centième de millimètre ; quelquefois c'est tout le contenu de la cellule qui se prend en une masse cellulosique. L'anatomiste qui s'est le plus rapproché de la vérité, et qui peut-être a décrit ce qui existe réellement dans les végétaux inférieurs qu'il a étudiés, est M. Pringsheim. Suivant lui, dans les *Conferva*, *Spirogyra*, *Cladophora*, du plasma s'accumule peu à peu en une couche plus ou moins épaisse au pourtour de la cellule, et c'est seulement une petite partie superficielle de cette couche qui se consolide en une pellicule de cellulose, etc.—Je crains bien que M. Pringsheim ne se soit laissé influencer par le souvenir de la pellicule azotée sur laquelle M. Mohl a fondé sa théorie.

Voici en peu de mots ce qui arrive dans les cellules du liber du *Phaseolus nanus*, etc., de l'*Onobrychis sativa*, de l'*Urtica angustifolia*, etc. Ces cellules du liber, comme l'on sait, n'ont d'abord qu'une membrane primaire fort mince, et souvent soudée avec celles des cellules contiguës. C'est à la face interne de cette membrane que se déposent les couches secondaires. L'aspect du contenu de la cellule présente alors beaucoup de variété, suivant sans doute l'activité vitale des cellules. Si la cellule est peu active, le plasma n'est sécrété qu'en petite quantité ; il se dépose sous la forme de petits grumeaux qui peu à peu forment une couche continue. Quand le dépôt est à cet état, ce n'est pas une partie superficielle, comme le pense M. Pringsheim, qui se change en membrane de cellulose ; c'est la couche tout entière. Dans ce cas, l'accroissement est lent et graduel. Quand au contraire le liquide de la cellule est plus riche (*Phaseolus*), le plasma se réunit immédiatement en une couche épaisse qui devient tout à la fois cellulosique. Peu de temps après se rassemble une seconde couche également épaisse, et qui fréquemment achève presque de remplir la cellule, ne laissant plus au centre qu'une petite cavité.—Si le contenu de la cellule n'est pas très riche, il peut tenir des granules en suspension. — Les dépôts sont d'abord très sombres ; mais pendant que le second se forme, le premier blanchit peu à peu, à mesure que la cellulose s'y développe, ou devient plus pure et plus dense. Le second dépôt subit graduellement les mêmes modifications.

Quelquefois ces dépôts restent à l'état de couche en apparence homogène ; mais souvent ils se divisent chacun en trois ou quatre couches secondaires plus ou moins distinctes. — Dans l'*Onobrychis*, les choses se passent à peu près comme dans le *Phaseolus ;* mais dans l'*Urtica angustifolia* la richesse du liquide est plus variable. Tantôt il ne se fait que des couches minces, qui ne semblent se succéder que fort lentement, car elles blanchissent avant qu'il en ait paru d'autres ; ailleurs il s'en fait d'assez épaisses, et si vite que plusieurs paraissent du même âge. Enfin, dans quelques cellules, toute la masse du liquide se solidifie en même temps, et cela parfois lorsqu'il ne s'était produit d'abord qu'une ou deux strates fort

minces. Cette masse solidifiée est dense et blanche à l'extérieur, mais vers l'intérieur elle devient graduellement plus sombre, la cellulose y étant moins abondante.

Des dépôts semblables ont lieu dans le liber de toutes les Dicotylédones que j'ai étudiées à une époque favorable. Dans le liber des Apocynées et des Asclépiadées, quand ces dépôts remplissent à peu près la cavité des parties rétrécies du tube libérien, ils n'occupent encore qu'une petite partie du rayon des dilatations. Les dépôts, continuant dans celles-ci, les entourent complétement, et font de ces parties dilatées des sortes de cellules secondaires qui ont été vues par tous les anatomistes. — Ces couches, ainsi constituées, ont leur végétation propre; elles se condensent les unes sur les autres, et prennent un aspect nouveau. Tandis que les externes se garnissent de spirales (par intussusception, sans doute), les couches formées par apposition sont traversées par ces stries si fines, si rapprochées, qui, avec les stries spiralées, ont induit Valentin en erreur, et donné naissance à sa théorie.

3e note de M. Trécul.— *Des mucilages chez les Malvacées, le Tilleul, les Sterculiacées, les Cactées et les Orchidées indigènes.*

En 1851, M. Kützing annonça que les membranes de cellulose peuvent se transformer en gomme. Après quelques indications de ce savant et de M. Unger, M. Mohl démontra cette métamorphose dans les cellules de la moelle et des rayons médullaires de certains *Astragalus*. La même année, 1857, M. H. Karsten prétendit que toutes les gommes, tous les mucilages proviennent d'une telle transformation des membranes de cellulose. En 1860 et 1862, je cherchai à prouver que la gomme de nos Amygdalées et deux autres substances intermédiaires entre celle-ci et la cellulose résultent non-seulement d'une modification de la cellulose, mais aussi d'une sécrétion des cellules. Aujourd'hui, j'ai pour but principal de montrer que les matières mucilagineuses ne sont pas toujours le produit d'une altération des membranes cellulaires ou de l'amidon, mais qu'elles sont souvent un élément physiologique comme la cellulose et l'amidon; qu'elles constituent même des cellules spéciales qui ont leur végétation particulière, qui forment des couches concentriques comme je l'ai indiqué pour la cellulose dans ma dernière communication. Il y a aussi

parfois dans ces cellules de mucilage procréation de cellules filles qui ont leur stratification propre. Il est vrai que toutes ces cellules sont plus tard liquéfiées et employées sans doute à la nutrition de la plante. De telles cellules sont offertes surtout par un grand nombre d'espèces appartenant aux familles des Tiliacées, des Malvacées, des Sterculiacées, etc.

Il est fort singulier que ces utricules aient été aussi peu étudiées par les botanistes. Suivant Meyen, le mucilage des Malvacées, du Tilleul et des Cactées est contenu dans des canaux formés par l'élargissement des méats intercellulaires (*Secretion's-Organe*, p. 23). M. Unger ne désigne que la racine de l'*Althœa*, dans laquelle le mucilage n'existerait que comme contenu des cellules. M. Schleiden dit seulement que, d'après Mulder, les analyses du Carragheen, du mucilage de semence de coing, de celui de l'*Althœa* et de la gomme adraganthe varient trop pour se laisser se rapporter à une même formule. M. Kützing envisage surtout les cellules mucilagineuses de l'*Althœa* au point de vue chimique. Il considère leur mucilage et celui des semences de coing, de Lin, de *Plantago Psyllium*, du tubercule des *Orchis*, etc., comme composé de cellulose. Jusqu'à présent le mucilage de la semence de coing m'a seul donné la couleur bleue à l'aide de l'iode et de l'acide sulfurique. — MM. Mohl, Schacht et Naegeli ne nomment même pas l'*Althœa* ou quelque autre Malvacée. Dans son mémoire intitulé : *Ueber das Vorkommen und die Entstehung einiger Pflanzenschleim*, M. Naegeli dit que la gomme du Cerisier et la gomme adraganthe sont des produits de sécrétion, et que les autres mucilages, tels que ceux de coing, de Lin, des semences mucilagineuses en général, celui des Cactées, du Salep et de beaucoup de racines, se présentent comme des couches d'épaississement des cellules.— Il y a là au moins une erreur, car la gomme adraganthe et une partie de la gomme du Cerisier résultent certainement d'une métamorphose des membranes de cellulose. Et puis la manière dont les couches sont produites n'est que très vaguement indiquée par M. Naegeli, dans le seul exemple qu'il en donne, la semence du Lin. Il dit en effet que l'amidon des cellules de l'épiderme est d'abord résorbé, que plus tard celui des autres cellules l'est à son tour, que cet amidon est changé d'une part en mucilage qui s'accumule dans les cellules épidermiques et les épaissit, d'autre part en huile qui remplit ultérieurement les cellules de l'endosperme. — Il me semble au moins téméraire, surtout quand on parle d'un phénomène comme celui de la formation des

couches d'épaississement des cellules, de donner comme un fait le partage chimiquement impossible de l'amidon en huile et en mucilage. (M. Naegeli, étant un chimiste exercé, n'a pu que se laisser entraîner à une exagération dans l'expression.) J'ai eu l'occasion d'observer la liquéfaction des grains d'amidon des cellules épidermiques de la semence du Lin; j'en ai même pris plusieurs dessins; mais je n'ai pu voir le concours direct du produit de leur liquéfaction à la formation des couches d'épaississement de ces cellules. — Cette assertion de la transformation de l'amidon en mucilage paraissant appuyer une opinion qui veut que le mucilage des Malvacées provienne de l'amidon, acquiert une autre importance, parce que les cellules épidermiques de la semence du Lin sont réellement pleines d'amidon avant que les couches de mucilage apparaisent; mais, comme je le dirai plus loin, dans les Malvoïdées que j'ai pu étudier, les cellules mucilagineuses naissent avant l'amidon du parenchyme environnant. Voici quel est leur mode de végétation :

Aussitôt que l'on peut distinguer ces cellules des autres, on trouve que leur plasma est de nature mucilagineuse. Dans quelques rares espèces (*Abelmoschus palustris*) le mucilage reste à l'état muqueux; il ne se stratifie pas, bien que par l'agrandissement des cellules il se répartisse autour de la cavité. Dans la *Malva verticillata* il se distribue à peu près de même, mais là on remarque un degré de plus : sa surface interne se délimite nettement par les progrès de la végétation, qui y détermine une zone brillante, qui a l'aspect d'une membrane. Chez d'autres espèces (*Althœa rosea, A. armeniaca, Sida Nepeta*, etc.) le plasma de mucilage, après s'être disposé autour de la cellule (qui grandit quelquefois beaucoup, surtout en longueur), végète d'une manière fort intéressante. Il prend plus de densité, croît en épaisseur, puis, à la façon des couches de cellulose, il se partage en strates concentriques, qui apparaissent d'abord vers la circonférence.

Cependant la face interne conserve son homogénéité et continue de croître en s'avançant vers le centre de la cellule, qui se remplit souvent presque complétement. Des canaux de pores sont fréquemment ménagés à travers ces couches d'épaississement; ils sont surtout fort beaux dans les longues cellules du *Sida Nepeta*, de l'*Althœa armeniaca*, etc. — Les couches concentriques ainsi formées sont de deux sortes : des couches minces, denses et blanches alternent avec des couches assez molles pour être coagulées par l'alcool sous la

forme de fines granulations blondes, caractéristiques des substances mucilagineuses. — Dans le *Tilia corallina*, le plasma de mucilage offre deux aspects; tantôt il se répartit autour des cellules, et se divise ensuite en strates plus ou moins nombreuses; tantôt il remplit toute la cavité, et produit des strates en se partageant de la circonférence au centre. Ces strates, qui ont leur végétation propre, acquièrent quelquefois une notable épaisseur. — Le *Cheirostemon platanoides* est non moins digne d'intérêt. Le plasma de mucilage se répand de même au pourtour de la cavité cellulaire, puis il se divise, dans les petites cellules, en couches plus ou moins multipliées, suivant l'abondance du dépôt et la vigueur de sa végétation. Au contraire, dans les cellules qui ont pris une grande extension, le mucilage, peut-être à cause de sa rareté relative, au lieu de former des strates continues et concentriques, se partage en cordons brillants, diversement contournés autour de la cellule, et séparés par de la substance molle coagulable en granulations par l'alcool.

Dans toutes ces plantes les cellules de mucilage sont ou isolées, ou disposées en séries plus ou moins grandes ; quelquefois deux ou plusieurs séries sont juxtaposées de manière à constituer un groupe plus ou moins considérable. Ce sont ces cellules, tantôt courtes, tantôt longues, isolées ou groupées, qui, par la liquéfaction de toute leur substance, se changent en canaux gommeux à une époque plus tardive. Il est intéressant de suivre cette désorganisation des cellules de mucilage dans l'*Althæa rosea*. Je ne cite ici cette plante en particulier que parce qu'elle est une des plus communes de nos jardins, et que les groupes ou les séries de ses cellules de mucilage sont souvent assez considérables. Quelquefois on aperçoit une sorte de relâchement dans la substance des couches; celles-ci sont comme déplacées de leur position naturelle; ailleurs une portion de certaines couches est dissoute. Ici ce sont les couches externes qui s'altèrent les premières (c'est le cas le plus fréquent); là ce sont les couches internes. Dans d'autres places quelques cellules ont disparu complétement, quand d'autres sont à peine modifiées; à cause de cela on peut trouver des cellules intactes ou à moitié liquéfiées au milieu d'une masse de mucilage homogène, ne présentant seulement que ces stries ou sorte de plis propres aux mucilages denses qui ont subi une traction, lesquelles stries il faut bien se garder de confondre avec les strates que je viens de décrire.

Cette désorganisation des cellules de mucilage explique la constitution de la *gomme de Kuteera* qui, au milieu d'une masse homogène amorphe, offre des cellules seulement peu altérées. Ces cellules, de dimensions diverses, semblent avoir perdu leur membrane externe. Elles sont formées de cordons quelquefois grêles, le plus souvent fort épais, en anneaux, en hélices, ou diversement contournés, qui ont rempli à des degrés différents la cavité cellulaire. Ils rappellent les cordons grêles que j'ai signalés plus haut dans le *Cheirostemon platanoides*. C'est pourquoi l'opinion de M. Guibourt, qui attribue cette gomme à un *Sterculia*, me paraît plus près de la vérité que celle de M. Wiggers, qui pense qu'elle coule d'un *Acacia*. Il est vrai toutefois que les *Sterculia guineensis* et *monosperma* que j'ai examinés ne présentent dans les larges canaux des rameaux déjà âgés, qu'un mucilage homogène; ce qui est peut-être dû au peu d'activité de la végétation de ces plantes dans nos cultures.

Tous les canaux mucilagineux n'ont pas une origine semblable à celle des canaux à mucilage des Malvacées, du Tilleul, des Sterculiacées. Ceux des Cycadées, par exemple, sont produits autrement. Voici leur développement d'après ce qui se passe dans le *Cycas revoluta*. Dans le rachis d'une jeune feuille longue d'un centimètre et demi, ces canaux n'existaient pas encore; mais à la place que chacun d'eux devait occuper, était un faisceau de cellules plus claires que les autres utricules du parenchyme. Elles contenaient comme celles-ci des granulations et un nucléus. Un peu plus tard ces cellules jaunissent; les fines granulations s'y multiplient, tandis que celles des cellules du parenchyme environnant deviennent des grains d'amidon. Vers cette époque, un petit méat, de forme et de largeur variables à des hauteurs diverses, se montre au milieu du faisceau de cellules jaune-pâle. Il s'élargit peu à peu, et les cellules jaunes, d'abord un peu confusément disposées, se rangent autour de lui; celles-ci cessent alors de croître, autant du moins que celles du parenchyme, qui continuent de s'étendre. Déjà longtemps avant cette époque, le méat contenait du mucilage, dont l'alcool accusait la présence. — Dans les *Cycas circinalis*, *Zamia horrida*, *Z. spiralis*, *Z. montana*, *Z. concinna*, *Encephalartos Altensteinii*, les petites cellules qui bordent le canal mucilagineux restent à parois minces; dans le *Cycas revoluta*, au contraire, ces cellules s'épaississent, surtout du côté du canal. Là elles produisent une vraie cuticule avec des couches sous-cuticulaires plus ou moins

épaisses. Toutefois cette cuticule et les couches sous-cuticulaires les plus externes, au moins dans un âge avancé, se détruisent au contact de l'eau, en se gonflant comme du mucilage. J'ai quelquefois vu bleuir, au contact de l'iode et de l'acide sulfurique, les couches restées intactes, avant qu'aucune des cellules du parenchyme ait pris la teinte bleue.

A ce que j'ai dit plus haut des cellules mucilagineuses des Malvacées, du Tilleul, etc., ne se borne pas tout ce que ces curieuses cellules présentent de remarquable. Dans le *Tilia corallina* j'ai observé une autre manifestation de la vie dans le mucilage, fort importante à constater. C'est que, au milieu du mucilage liquide, il naît dans certaines cellules, assez rares du reste, un, deux, trois, quatre nucléus d'abord homogènes, dans lesquels se montre bientôt une petite cavité centrale, qui grandit à mesure que ces nucléus ou jeunes cellules mucilagineuses s'accroissent. Dans quelques-unes des plus grandes la membrane était restée mince; dans d'autres elle avait été doublée de plusieurs couches concentriques par le plasma de mucilage, qui s'y comporte comme celui de la cellule mère.

Les cellules mucilagineuses des Cactées, qui offrent également une fort belle stratification se développant aussi de la circonférence au centre, mais dont je n'ai pas vu l'origine, contiennent aussi quelquefois de telles cellules secondaires (*Phyllocactus guyanensis, Cereus triangularis*). Mais ici elles ont une position fort singulière. Ces jeunes cellules ne se développent pas dans le liquide central de la cellule mère, comme celles du *Tilia corallina;* elles naissent entre les couches concentriques de l'épaississement. J'en ai compté jusqu'à onze à divers degrés d'évolution dans une même cellule du *Phyllocactus guyanensis.* Les unes ne formaient qu'un simple nucléus homogène ; les autres étaient pourvues de plusieurs couches concentriques, qui les remplissaient complétement. Quelques-unes avaient quatre et cinq centièmes de millimètre de diamètre, c'est-à-dire la dimension d'assez grandes cellules.

Comme conclusion de ce qui précède je ferai remarquer que dans les Malvacées, le Tilleul, les Sterculiacées et les Cactées que j'ai examinées, et probablement dans toutes les plantes du grand groupe des Malvoïdées, qui contiennent du mucilage, celui ci ne résulte pas d'une métamorphose des membranes de cellulose, ainsi que cela devrait avoir lieu suivant l'opinion de M. H. Karsten. Ce mucilage des Malvacées, etc., n'est pas non plus produit par l'amidon, attendu

que j'ai souvent observé que ce dernier n'apparaît qu'après les cellules mucilagineuses (*Althæa rosea, Sparmannia africana, Tilia corallina, Dombeya acutangula, Bombax parviflora,* etc. Dans l'*Abelmoschus palustris*, je n'ai même pas dû tout aperçu d'amidon).

C'est à tort aussi que l'on a prétendu que dans les Orchidées indigènes le mucilage se transforme en amidon. J'ai reconnu que dans les tubercules du *Platanthera chlorantha* les granules amylacés se montrent au contraire les premiers, et que les deux substances, renfermées dans des cellules distinctes, se développent ensuite simultanément. Le mucilage, qui est contenu dans des cellules beaucoup plus grandes que celles qui enserrent l'amidon, se dispose au pourtour de la cellule, comme dans les cas cités plus haut, en couche souvent inégale. Il s'épaissit, devient plus dense, et croît en s'avançant peu à peu vers le centre de la cellule, qu'il finit fréquemment par remplir tout à fait. La couche de mucilage s'accroît par une végétation propre, car elle est de bonne heure nettement limitée vers le centre de l'utricule, et présente là plus de densité que dans ses parties plus externes, comme cela s'observe dans les cellules du *Sida Nepeta*, de l'*Althœa armeniaca*, etc., aussi y résiste-t-elle davantage à l'action de l'alcool, tant que la végétation continue. Ce liquide fait apparaître des petites ponctuations, au contraire, dans les parties où l'activité vitale n'est plus aussi grande; mais il n' y manifeste pas deux substances en strates alternantes, comme celles que j'ai indiquées dans les cellules de plantes citées précédemment.

Séance du 25 octobre 1862.

Anatomie et Physiologie. *Système nerveux de la Patelle.* — Communication a été faite dans cette séance d'un travail de M. Bert dont voici le résumé par l'auteur lui-même :

Je ne donne ici qu'un résumé des résultats généraux auxquels m'ont conduit mes recherches sur le système nerveux de la Patelle, réservant pour une autre publication des détails qui, pour être intelligibles, doivent être accompagnés de planches.

Anneau œsophagien. Les *ganglions cérébroïdes*, situés à la base des tentacules, sont petits, obscurément triangulaires, et fort éloignés l'un de l'autre; ils apparaissent colorés en jaune-orangé, comme au reste tous les autres centres nerveux de la Patelle. Leur angle antérieur se prolonge en une commissure, *commissure cérébrale*, longue et rubannée, de la-

quelle ne part aucun filet nerveux; chacun d'eux, par son angle postérieur, donne naissance à deux connectifs un peu plus longs que la commissure cérébrale, qui, se dirigeant en arrière, s'écartent un peu l'un de l'autre, longeant les parois latérales du cou, et aboutissent à deux ganglions situés sous l'extrémité postérieure de la masse musculaire linguale, et dont je ne tarderai pas à m'occuper.

En dehors de l'origine de la commissure œsophagienne, chaque ganglion cérébroïde fournit successivement : 1° un gros *nerf proboscidien supérieur* qui se dirige en avant et en dedans, distribuant des filets à la lèvre supérieure; 2° un nerf plus petit, qui se ramifie dans les régions voisines de la peau de la tête; 3° un *nerf tentaculaire*, lequel se dirige presque transversalement en dehors, pénètre et se perd dans le tentacule unique et non rétractile de la Patelle; 4° un *nerf optique*, très grêle, qui se rend immédiatement à l'œil, organe si petit qu'on l'aperçoit à peine à la base extrême du tentacule. — Enfin, de son bord interne, on voit naître un gros connectif, lequel, après un court trajet, se jette dans un renflement, *ganglion labial*, dont je laisse pour un instant la description de côté.

Les connectifs dont j'ai parlé tout à l'heure, au nombre de deux de chaque côté, à peu près superposés l'un à l'autre, se rendent, comme je l'ai dit, à quatre centres nerveux sous-œsophagiens.

Les deux connectifs inférieurs abordent par leur extrémité antérieure deux gros ganglions triangulaires, que réunit un cordon court, cylindrique, fortement convexe en avant. L'angle postérieur de ceux-ci, qui méritent ainsi le nom de *ganglions pédieux*, est l'origine des nerfs qui se répandent dans le disque du pied. Leur angle antéro-externe se prolonge en un connectif aussi court et aussi gros que la commissure intra-pédieuse, lequel à son tour aboutit à un ganglion fusiforme, très allongé, que, pour ne rien préjuger, j'appellerai, à l'exemple de M. Lacaze-Duthiers, le *ganglion moyen*. C'est près de l'extrémité inférieure de ces ganglions moyens que se terminent les deux autres connectifs venus du cerveau.

Les ganglions pédieux sont immédiatement appliqués sur le disque musculeux du pied. Mais les ganglions moyens, presque verticalement situés au-dessus des précédents, sont libres, et seraient pour ainsi dire flottants, sans les nerfs et le tissu cellulaire lâche qui les maintiennent en position. De plus, une commissure les réunit, longue environ comme la moi-

tié de la commissure cérébrale, et si grêle qu'à peine on peut l'apercevoir à l'œil nu. C'est au point d'origine de cette commissure que se trouvent les organes singuliers généralement considérés comme représentant chez les Mollusques l'*appareil auditif*. Ce sont deux vésicules ovoïdes, mesurant environ $0^{mm},3$ dans leur grand diamètre, et remplies de corpuscules sphériques, dont les dimensions varient entre $0^{mm},03$ et $0^{mm},007$, réfractant fortement la lumière, et agités de ce mouvement de trépidation bien connu des anatomistes.

Étudions maintenant les nerfs qui partent des centres nerveux sous-œsophagiens, et parlons d'abord des ganglions pédieux. J'ai dit qu'il se prolongeaient en deux gros nerfs colorés en jaune-orangé, dont les ramifications animent l'énorme pied de la Patelle, pied si puissant que son frottement use, et rapidement, les roches calcaires. Ces nerfs, ainsi que l'extrémité postérieure des ganglions, sont logés dans les canaux où circule le sang des grosses artères pédieuses; ils s'écartent d'abord l'un de l'autre, puis se rapprochent, de façon à décrire une sorte d'ellipse, fermée en arrière par une anastomose transversale. Des ramifications secondaires qui naissent de ces troncs, les plus grosses assurément sont celles qui s'enfoncent verticalement dans le tissu musculaire du pied; d'autres, plus petites, se distribuent les unes du côté interne, les autres du côté externe, en formant des réseaux délicats qui s'anastomosent entre eux.

De chacun des ganglions moyens part un nerf qui se dirige presque transversalement en dehors, et bientôt se trifurque; les trois branches de cette division sont destinées au muscle circulaire qui s'attache à la coquille, au manteau et à la collerette branchiale logée dans le sillon situé entre le pied et le bord libre du manteau. Leur mode de ramification est assez curieux, mais difficile à exprimer sans le secours de figures.

Enfin, chacun de ces ganglions moyens semble se prolonger en un gros nerf, dont la direction, au rebours de ce que nous avons vu jusqu'ici, n'est rien moins que symétrique des deux côtés du corps. Ces nerfs font partie du système généralement désigné sous le nom de système nerveux viscéral ou sympathique; mais avant d'en faire l'étude, il convient de parler d'abord des autres parties de ce système que j'ai jusqu'ici négligées à dessein.

J'ai parlé plus haut de *ganglions labiaux* qui (le contraire arrive ordinairement chez les Gastéropodes) existent

indépendamment des ganglions cérébroïdes. Ces organes, que réunit une commissure concave en avant, sont situés au-dessous de la bouche, et donnent des nerfs assez considérables à la lèvre inférieure et à la masse charnue destinée à mouvoir la langue; ils sont le point de départ de deux connectifs longs et flexueux qui rampent sur les parois latérales de cette masse linguale, de manière à s'accommoder à ses mouvements sans être tiraillés; parvenus au-dessous de l'œsophage, ces connectifs se terminent dans deux ganglions fusiformes qui, à cause de leur position et de leur rôle, doivent recevoir le nom de *ganglions stomato-gastriques*. De ces ganglions, en effet, ainsi que de la commissure qui les unit et ferme cet anneau lingual sous-œsophagien, on voit partir des nerfs pour la plupart excessivement grêles, qui vont animer la masse buccale, se portent sur les glandes salivaires et l'œsophage, et se prolongent en arrière jusque sur les viscères digestifs et génitaux.

J'arrive enfin à ces deux gros nerfs asymétriques dont j'ai indiqué l'origine sur les ganglions moyens, au point même où se trouvent les vésicules dites auditives. Celui de droite se porte en dehors, s'accole à la peau de la région cervicale, et remontant alors de dehors en dedans, de bas en haut et un peu d'avant en arrière, se termine en un renflement que, pour la facilité de l'exposition, je nommerai le ganglion A. Le gros nerf du côté gauche se dirige transversalement à droite, passe sur le ganglion moyen de ce côté, apparaît à droite du cou, à la peau duquel il s'unit, près du gros nerf de droite, et croise celui-ci de telle sorte qu'un ganglion A', dans lequel il se jette, se trouve en avant et à droite du ganglion A.

Pour l'intelligence de la situation exacte de ces deux renflements nerveux et de la distribution des nerfs qui en partent, je crois nécessaire de rappeler en peu de mots la disposition générale des organes de la Patelle. Tout autour des viscères digestifs et génitaux dont il coiffe la masse conique, le manteau déborde, et se dédouble pour former les branchies circulaires. En avant, il s'étend beaucoup, de façon à déterminer une vaste excavation dont il forme le plafond, tandis que le cou de l'animal en constitue le plancher; au fond de cette excavation et au côté droit du corps, s'ouvre l'anus, accompagné des orifices de l'organe de Bojanus et de celui de la génération; au côté gauche, on voit le cœur battre sous la peau. En examinant avec attention les parois de cette cavité,

on aperçoit, situés l'un en face du cœur, l'autre à droite de l'anus, deux petits mamelons d'un millimètre environ de diamètre, sur lesquels la peau s'amincit en formant quelques plis peu marqués. J'appelle l'attention sur ces deux petits organes, que leurs insignifiantes dimensions avaient fait jusqu'ici négliger.

Revenons au système nerveux. Des ganglions A et A', partent deux connectifs courts, qui se rencontrent bientôt en un troisième ganglion B, situé immédiatement sous l'anus, et d'où émergent les filets nerveux destinés au cœur et aux orifices viscéraux. Les deux mêmes centres donnent encore naissance à deux nerfs qui se portent, chacun de son côté, aux petits organes signalés plus haut, et qui, arrivés à leur niveau, se renflent en un bouton nerveux d'un millimètre de longueur, intimement uni à ces organes.

Or, si j'ai été assez heureux pour rendre suffisamment claire cette exposition pénible en l'absence de figures, les personnes qui se reporteront à l'excellent travail de M. Lacaze-Duthiers sur le système nerveux de l'Haliotide seront frappées de l'analogie que présentent sous le rapport de ce système l'Haliotide et la Patelle; elles verront en outre, avec évidence, que le ganglion B n'est autre chose que son *ganglion sous-anal*, et que A et A' représentent exactement ses *ganglions branchiaux*. Dans cet état de choses, peut-être ne serait-il pas trop hardi de considérer comme des branchies avortées, mais restées en vestige à leur place normale, ces petits organes sur lesquels j'insistais tout à l'heure. Cette hypothèse serait confirmée par l'observation des Patelloïdes et des Fissurelles, qui, semblables aux Patelles par le reste de leur organisation, présentent cependant, au fond de l'excavation sus-céphalique, une ou deux branchies de forme ordinaire. Les lamelles circulaires auxquelles est confiée chez la Patelle la fonction de la respiration ne seraient donc, au point de vue anatomique, qu'un dédoublement du manteau, dédoublement dont on trouve déjà un indice dans le Parmophore et surtout dans les Patelloïdes. Grâce à cette interprétation, l'appareil respiratoire de la Patelle, qui présente une anomalie si étrange et presque unique parmi les Mollusques, ren-

trerait dans le plan commun; et le système nerveux, ici comme en tant d'autres circonstances, retrouverait l'empreinte du type, au milieu des plus profondes modifications physiologiques.

Quant aux fonctions de ces petits organes auxquels je ne crains pas d'attribuer une sérieuse importance anatomique, j'avoue que, voyant ce gros ganglion nerveux en contact intime avec la peau amincie, je ne puis m'empêcher de penser à un appareil de sensation, peut-être à l'organe olfactif, tant promené par les anatomistes. Mais là où l'observation directe fait défaut, où l'expérimentation est impossible, il serait puéril de s'arrêter longtemps à une simple induction.

Séance du 15 novembre 1862.

M. de Caligny a communiqué, dans cette séance, des expériences en grand sur un des moyens qu'il a proposés pour épargner l'eau dans les écluses de navigation, et une nouvelle modification de ce système.

L'*effet utile* de cet appareil, essayé avec un tuyau fixe en tôle d'un mètre de diamètre intérieur, est, dit-il, notablement plus grand que celui du petit modèle, objet du rapport de M. Belanger, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et que celui du modèle, à tuyau fixe, de soixante-deux centimètres et demi de diamètre, objet du rapport de M. Mequet, inspecteur général des ponts et chaussées.

Dans les dernières expériences dont il s'agit, le tuyau fixe, ayant d'ailleurs une longueur relativement plus grande que dans celles qui viennent d'être rappelées, la manœuvre est beaucoup plus facile, à cause de l'inertie de la longue colonne liquide alternativement en repos. Dans les premières périodes de l'appareil, employé à vider un sas d'écluse en relevant une partie de l'eau au bief supérieur, l'eau n'a d'abord à être relevée qu'à de très petites hauteurs. Il est clair que plus l'eau baisse dans l'écluse, plus la chute motrice diminue, et plus la hauteur à laquelle on doit relever de l'eau augmente. Or, la difficulté de la manœuvre consistait surtout, quand le tuyau fixe n'avait pas une assez grande longueur, à faire en sorte

d'éviter un jet trop haut, à chaque période de versement au-dessus du bief d'amont.

On conçoit que, si, au commencement de l'opération, on lève trop haut le tuyau mobile, on ne pourra pas le faire redescendre assez vite, et qu'il sera passé assez d'eau au bief d'aval, entre ce tuyau et son siége, pour que la force vive emmagasinée sous le maximum de chute occasionne un versement dont le jet s'élève trop haut; et que, par conséquent, on relèvera moins d'eau, puisqu'on la relèvera à une hauteur trop grande. C'est en étudiant les levées les plus convenables, qui, pour les premières périodes, se font à la main, qu'on est parvenu à obtenir un effet utile réellement inespéré, et dont on ne donne même pas aujourd'hui le chiffre, pensant pouvoir l'augmenter encore.

La seconde partie de l'appareil n'est pas encore posée dans la localité dont il s'agit. Elle a pour but de remplir l'écluse en tirant une partie de l'eau du bief inférieur. D'après les expériences faites sur un petit modèle, l'effet utile de cette opération repose sur des phénomènes analogues à ceux qui sont la base de celle dont on vient de parler; et si l'effet utile est un peu moindre, il ne peut pas différer beaucoup de celui de la première opération; de sorte qu'on peut considérer le résultat comme obtenu, d'après celui dont on vient de parler.

Mais il va offrir, par la disposition particulière de la seconde tête de la machine, une occasion d'augmenter encore très probablement l'effet utile de la première.

On se souvient peut-être que l'eau peut entrer du bief d'amont dans l'écluse par un second tuyau vertical, et qu'à l'époque où ce dernier est baissé, une partie de l'eau qui doit remplir l'écluse est aspirée du bief d'aval par un autre orifice, en vertu de la vitesse acquise dans le tuyau fixe.

Or, si ce second tuyau vertical est fixe pendant que l'écluse se vide, *il pourra servir de second tuyau d'ascension*; c'est-à-dire qu'aux époques où, l'écluse se vidant, une partie de l'eau doit être relevée au bief supérieur, cette eau sortira en même temps, si l'on veut, par les deux tuyaux verticaux, appelés *les deux têtes de la machine*.

Voici en quoi consistera un avantage essentiel, autant que

le calcul peut l'établir d'avance. Il aurait été évidemment très avantageux de pouvoir graduellement augmenter le diamètre du tuyau fixe du côté des tuyaux verticaux mobiles, comme il est facile de l'augmenter graduellement du côté où il débouche dans l'écluse. Mais l'auteur, ayant éprouvé quelque difficulté à manœuvrer convenablement un grand tuyau mobile dans les circonstances sus-indiquées, de manière à éviter autant que possible le jet précité, si nuisible dans les premières périodes, a tourné la difficulté d'une manière qu'il croit très heureuse, sans augmenter le diamètre des tuyaux mobiles autant que cela semblait nécessaire.

L'eau qui doit remonter au bief d'amont étant obligée de se diviser dans les deux tuyaux verticaux, c'est, jusqu'à un certain point, comme si les diamètres du tuyau fixe et ceux de l'extrémité dont il s'agit du premier tuyau mobile, mentionné ci-dessus, étaient considérablement augmentés, sans qu'il en résulte aucune augmentation de difficulté dans la main-d'œuvre. Il est vrai que cette augmentation de section de sortie de l'eau ne se fait pas graduellement, mais on peut calculer, au moyen d'une théorie de Borda, le maximum de perte de travail qui en résulte. Or, il est facile de voir que cette perte est loin de compenser l'avantage résultant de cette disposition, d'autant plus que la vitesse de sortie *aux sommets* étant très diminuée, il en résulte des avantages, pour diverses raisons dans le détail desquelles on n'entre pas ici.

Il faut, il est vrai, tenir compte du surcroît de perte de travail résultant du coude à angle droit du second tuyau vertical, posé sur le tuyau de conduite fixe; tandis que des lames courbes concentriques diminuent la résistance de l'eau, dans le coude disposé au-dessous du premier tuyau d'ascension. Mais tout cela est calculé, au maximum, de manière à faire apprécier l'avantage définitif de la disposition du *versement par les deux têtes*, autant du moins que la théorie peut le permettre.

M. de Caligny fait ensuite observer qu'on peut même ne plus faire élever de l'eau par la première tête, en la supposant suffisamment prolongée verticalement. On peut, dit-il, disposer près de la seconde tête, qui est dans une capacité en

communication avec le bief d'amont, une troisième tête ou tuyau vertical fixe, ce dernier étant sur le long tuyau de conduite fixe qui traverse cette capacité, au delà de laquelle est la première tête de la machine.

L'avantage de cette disposition consistera en ce que l'eau, relevée par les deux têtes dans l'intérieur de cette capacité, se trouvera tout naturellement reçue au bief supérieur, sans qu'on soit obligé, comme pour la première tête, de la recevoir dans une sorte de vase annulaire disposé autour d'elle, ce qui était, soit une cause de frottement, soit une chance de perdre de l'eau entre le tuyau mobile et le bout de tuyau vertical fixe, disposé autour de son sommet, et attaché par le bas au réservoir recevant l'eau élevée.

Dans cette dernière disposition, la résistance de l'eau, dans les coudes formés par les deux tubes verticaux, dont les sommets s'élèveront un peu au-dessus du niveau du bief d'amont, sera à étudier plus que dans le cas où il n'y aurait que deux têtes comme ci-dessus. Mais l'auteur pense que ces dispositions méritent d'être signalées comme offrant un principe bien nouveau. Il reviendra sur l'étude de ces coudes, et sur le calcul des dimensions et des détails de construction les plus convenables. Il renvoie aujourd'hui, pour abréger, à la communication des matières analogues dont *l'Institut* a publié divers extraits.

Séance du 22 novembre 1862.

Acoustique. — Communication a été faite, dans cette séance, de la note suivante de M. C. Wolf, *sur le son des anches libres et leur application aux expériences de composition des mouvements vibratoires*.

On sait que le son d'une anche libre est généralement complexe et résulte de la superposition d'un assez grand nombre d'harmoniques. Or, il est curieux de constater que néanmoins le mouvement vibratoire de la languette est un mouvement simple, s'exécutant suivant la loi générale du pendule. Pour s'en assurer, il suffit de munir la languette d'un miroir et de faire réfléchir sur un miroir tournant le rayon lumineux déjà renvoyé par le premier réflecteur. On voit alors sur l'écran,

pendant que l'anche rend un son, se dessiner une courbe sinusoïdale parfaitement régulière, et nullement la courbe compliquée qui résulterait de la superposition de toutes celles qui correspondent à chacun des sons entendus.

L'origine de ces sons n'est point d'ailleurs dans le tuyau ni dans le porte-vent · une anche complétement isolée les produit aussi bien qu'une autre montée sur son tuyau. Mais il est aisé de voir que le mouvement vibratoire de l'air, déterminé par celui de la languette, ne peut être régulier et se compose de pulsations périodiquement inégales, d'où résulte la superposition de plusieurs sons. En effet, la lame fixée à la partie extérieure de la fenêtre exécute, sous l'influence du courant d'air et de sa propre élasticité, des oscillations identiques à ce qu'elles seraient si on l'attaquait avec un archet; mais ces oscillations ne sont point symétriques par rapport au plan de l'orifice, de sorte que dans la demi-oscillation extérieure, l'ouverture qui livre passage à l'air est plus grande et reste plus longtemps ouverte que pendant la demi-oscillation intérieure. Si l'époque de fermeture coïncidait exactement avec le milieu de l'oscillation de la lame, le son rendu par l'air serait exactement l'octave du son propre de l'anche, puisque pendant une vibration complète de la languette, l'orifice serait deux fois fermé et deux fois ouvert. C'est, en effet, ce que l'on peut approximativement constater en encastrant une lame vibrante dans une fenêtre, de telle façon que le plan de la lame coïncide rigoureusement avec celui de l'ouverture. Les oscillations de part et d'autre sont alors à fort peu près égales : aussi entend-on l'harmonique 2 prédominer par rapport au son fondamental ou son propre de la languette. Mais, dans le cas ordinaire, les orifices de passage de l'air sont alternativement très petits et très grands; de là résulte pour la courbe représentative du mouvement vibratoire de l'air une forme analogue à celle qui résulte de la superposition des courbes des sons 1 et 2; de là l'audition simultanée de ces deux sons. On peut d'ailleurs vérifier directement ce résultat au moyen de la sirène de Seebeck : si, sur le pourtour d'un disque de carton, on perce des trous équidistants, mais alternativement plus larges et plus étroits, l'insufflation continue

sur le disque animé d'un mouvement rapide de rotation donne naissance à un son complexe dans lequel on distingue facilement le son correspondant au nombre des trous plus larges, ou à la moitié du nombre total des ouvertures, et l'octave de ce premier son. Cette analyse est très facile au moyen d'un tuyau renforçant auquel on donne la longueur nécessaire pour faire éclater le son le plus aigu, et dont on ferme ensuite l'extrémité.

Cette simplicité du mouvement de la languette des anches libres, malgré la nature complexe du son qu'elles produisent, m'a permis de donner aux expériences de projection de M. Lissajous une forme très facile à réaliser partout, surtout d'un usage très commode dans les cours publics.

Il m'a suffi, pour atteindre ce double but, de substituer aux diapasons de M. Lissajous des anches libres d'harmonium vibrant sur la paroi latérale d'une caisse porte-vent rectangulaire. La languette étant fixée de manière à vibrer de dedans en dehors, si l'on colle à sa partie supérieure un petit miroir étamé, ou mieux si l'on polit et argente cette extrémité, un mince filet lumineux réfléchi par ce miroir dessinera les vibrations de la lame. Rien de plus facile d'ailleurs que de régler le ton de l'anche en la chargeant de petites masses de cire, en élevant ou abaissant le miroir, ou enfin au moyen d'une clavette que fait mouvoir une vis à tête.

On voit immédiatement comment, au moyen de deux de ces tuyaux placés l'un verticalement, l'autre horizontalement, on peut obtenir toutes les figures résultant de la superposition des mouvements vibratoires qui correspondent aux accords d'octave, de quinte, etc., et à l'unisson. Je ferai remarquer seulement un avantage de ce mode d'expérience pour un cours. Le son d'une anche libre varie très facilement avec la vitesse du courant d'air qui la met en mouvement : les deux tuyaux étant donc à très peu près réglés, les robinets d'entrée de l'air que l'expérimentateur a sous la main lui permettent d'arriver presque instantanément à une immobilité parfaite des figures, et, en même temps, l'oreille de l'auditeur l'avertit, par la pureté de l'accord et l'absence de battements, que cette immobilité est bien le résultat de la concordance parfaite

des vibrations. Mais, une fois cet accord obtenu, rien de plus facile que de l'altérer et de faire tourner les figures soit dans un sens soit dans l'autre.

La théorie des battements et des sons résultants trouve l'auxiliaire le plus utile dans l'emploi de ces anches, lorsqu'on étale, au moyen d'un miroir tournant, le rayon réfléchi successivement sur deux languettes parallèles, l'oreille entend le phénomène des battements, ou du son résultant, ou tous deux à la fois, en même temps que l'œil voit sur l'écran la courbe représentative du mouvement vibratoire qui donne naissance à ces phénomènes.

Séance du 29 novembre 1862.

PHYSIQUE. *Thermomètre à bulle d'air à deux index.* — Communication a été faite à la Société, dans cette séance, de la note suivante de M. E. Barbier, astronome-adjoint à l'observatoire de Paris.

I. *Thermomètre donnant* A LA FOIS *les maxima et les minima.*

1. Idée du thermomètre à bulle d'air. — Le thermomètre de Rutherford à minimum contient un index d'émail que l'alcool entraîne en se contractant et qu'il ne pousse jamais en se dilatant. C'est un index rétrograde; tout mouvement pour lui est un recul.

M. Doulcet vit des index mal construits rester stationnaires, alors qu'ils devaient reculer; remarquant qu'ils tombaient jusqu'au ménisque liquide sous l'action de la pesanteur, il eut l'idée de son thermomètre à maximum.

Si dans un thermomètre à alcool, placé la boule en haut, on met un index en forme d'épingle émoussée, imaginé par M. Baudin, de manière que cet index tombe la pointe en avant, l'épingle s'arrêtera au ménisque de l'alcool et le suivra dans les mouvements que produit l'élévation de la température de la boule, mais reste en place si, par l'effet d'un refroidissement, le ménisque remonte.

L'index qui a ainsi noté un maximum par sa pointe a une

fixité remarquable : le tube peut être remué vivement sans que l'indication soit faussée.

Le thermomètre Doulcet donne aussi bien les maxima que les minima, et il donne les minima comme un bon thermomètre de Rutherford. Cependant la position renversée du thermomètre permet (surtout au moment où le ménisque est crevé par la pointe de l'index) à une portion du liquide de couler le long des parois du tube. C'est l'inconvénient principal du thermomètre Doulcet.

De même qu'un accident l'a fait imaginer, c'est aussi une circonstance accidentelle qui m'a fait songer au thermomètre à bulle d'air.

Un thermomètre Doulcet, que j'emportais de Nice à Cannes, fit une chute de quatre mètres sur le pavé de la route, heureusement couverte, à cette époque, d'une épaisse couche de poussière. La chemise de coton et l'étui en fer-blanc qui la renfermaient empêchèrent la rupture du verre, mais non rupture de la colonne liquide du thermomètre ; cinq ou six bulles d'air séparaient l'alcool en parties isolées, dans l'une desquelles se trouvait l'index. Ayant quelque loisir, je me proposai de rétablir la continuité de la colonne liquide sans employer ni secousses ni chaleur forte. J'espérais que les mouvements du liquide produits par la chaleur des mains, l'action de l'index dans le tube placé dans des positions diverses, suffiraient.

J'arrivai assez vite à ne laisser dans le tube qu'une seule bulle d'air que l'index frappait de la tête ; mais ce mauvais bélier ne put vaincre cette petite bulle, et j'eus l'idée de faire servir cette résistance des bulles à la construction d'un thermomètre : deux index en forme d'épingles ayant leurs têtes vers la bulle d'air seraient poussés l'un dans un sens, l'autre en sens contraire.

Je communiquai cette idée, au mois de juillet dernier, à la Société des sciences, lettres et arts de Nice, en lui présentant le thermomètre Doulcet.

Les examens pour l'agrégation m'ayant amené à Paris, je pensai à réaliser l'instrument que j'avais imaginé.

Je fis mettre un second index dans un thermomètre Doul-

cet. Ayant fait naître une bulle d'air pour séparer les deux index, j'eus la satisfaction de voir, dans un même tube horizontal, un index ne marchant qu'en avant et un index ne marchant qu'à reculons, un index du progrès et un index rétrograde, un index à maximum et un index à minimum.

Il me semblait que les températures extrêmes données par un même instrument laissé à lui-même pendant l'intervalle seraient deux indications très comparables; de plus, que l'écoulement de liquide qui se produit dans le thermomètre Doulcet serait en grande partie évité par la position horizontale du tube.

Les essais que j'ai faits me font penser que ce termomètre, facile à transporter et à mettre en état sans autre aide que les mains de l'observateur, sera utile pour les observations météorologiques. Je n'ai pas hésité à présenter à M. Le Verrier une note qu'il voulut bien lire à l'Académie des sciences.

Avec des thermomètres de 35 centimètres, suffisant aux observations météorologiques, pesant 100 grammes avec leur enveloppe, on peut obtenir des indications de maximum et de minimum à $\frac{1}{5}$ de degré près.

M. Marié-Davy et M. Renou ont bien voulu commencer l'étude de ce nouveau thermomètre.

2. Mode d'observation. — On note le point indiqué par la tête de l'index *à minimum, puis* le point indiqué par la tête de l'index *à maximum;* on chauffe la boule du thermomètre, placé dans une position verticale, la boule en bas, pour que l'index du maximum se loge dans l'alcool; lorsqu'il y est plongé tout entier, on abaisse la température de la boule au-dessous du maximum qu'on aura à noter dans la suite, on renverse brusquement l'instrument, les têtes des deux index se rapprochent, et bientôt elles ne sont plus séparées que par la bulle d'air; l'instrument, placé horizontalement, est prêt à donner un nouveau maximum et un nouveau minimum.

La bulle d'air résiste à tous les mouvements, pourvu qu'il n'y ait pas de choc capable d'en faire naître de nouvelles. Si l'instrument est troublé par une secousse très violente ou un choc assez fort, on remet facilement le thermomètre en état de donner les maxima et les minima.

3. Correction. — Chaque index peut être considéré comme indiquant par sa tête l'extrémité d'une colonne thermométrique. Les zéros de ces deux thermomètres fictifs seraient les points où les têtes des index seraient placées, si la température maximum ou minimum qu'ils indiquent était celle de la fusion de la glace, ou bien les points occupés par les extrémités de la bulle, la boule du thermomètre étant dans la glace. De là une correction à l'indication de la tête de l'index à maximum et une correction à celle de la tête de l'index à minimum.

II. *Autres usages du thermomètre à bulle d'air.*

1° Thermomètre donnant le premier minimum relatif. — Imaginons dans la partie liquide séparée un index tournant sa pointe vers la bulle d'air, et plaçons le thermomètre la boule en bas; l'index descend la pointe en avant lorsque la température s'abaisse; lorsque la température s'élève, la bulle d'air, transpercée par l'index, monte à la tête de l'index, désormais immobile dans le tube.

Ce thermomètre donne le premier minimum en supposant même que, entre le moment du premier minimum et le moment de l'observation, la température du thermomètre se soit abaissée bien au-dessous de ce premier minimum; dans ce cas, la bulle d'air se serait dégagée complétement du liquide, mais l'index resterait suspendu dans le tube.

Ce thermomètre pourrait donc être employé à étudier la température des couches d'eau profondes, alors même qu'entre l'observateur et les couches se trouveraient des couches plus froides, ce qui peut arriver à cause de la propriété de l'eau d'avoir un maximum de densité. La disparition de la bulle annoncera du reste cet état singulier de la distribution de la température. Lorsque cet état singulier n'existera pas, la même bulle d'air servira à prendre un grand nombre de points. Il suffira de porter à chaque fois la température du thermomètre au-dessus de celle de la couche d'eau dont il doit noter la température.

2° Thermomètre donnant le premier maximum relatif en même temps que le maximum absolu. — Supposons qu'une

assez longue colonne liquide soit séparée de l'alcool communiquant avec le réservoir, que le thermomètre soit placé verticalement, la boule en haut, et que les deux index reposent par leur pointe, l'un sur la bulle d'air, l'autre sur le ménisque extrême du liquide, ce dernier donnera le maximum absolu, comme le thermomètre Doulcet, l'autre ne donnera que le premier maximum relatif. Si l'on est assuré que la température a été régulièrement en s'élevant, il doit y avoir accord entre les deux index, sinon l'instrument a éprouvé un choc à une température indiquée par l'index à maximum relatif.

Ce thermomètre vertical peut servir utilement pour l'étude de la température des trous forés jusqu'à une grande profondeur dans l'intérieur de la terre.

3° Thermomètre donnant le minimum absolu et la plus grande oscillation montante. — (J'appelle oscillation montante la distance d'un minimum relatif au maximum relatif qui le suit immédiatement.) Il suffit de placer dans le thermomètre à bulle d'air deux index à minimum, l'un dans la partie liquide séparée, l'autre dans la partie qui communique avec le réservoir du thermomètre. Placé horizontalement, l'instrument indiquera par le premier index le minimum absolu, et la différence de la distance primitive des index et de leur distance au moment de l'observation donnera la longueur de la plus grande oscillation montante; quelquefois, au moment de l'observation, on apercevra, en outre, une oscillation supérieure aux oscillations accomplies ou en train de se produire.

4° Thermomètre à deux bulles d'air donnant le maximum absolu et la plus grande oscillation descendante. — Ajoutons au thermomètre à bulle d'air une colonne supplémentaire séparée par une seconde bulle d'air de l'alcool du thermomètre à bulle d'air. Chacune des bulles d'air peut pousser un index à maximum dans le tube placé horizontalement. Le maximum absolu est donné par l'index le plus voisin du réservoir. La plus grande oscillation descendante, c'est-à-dire la plus grande distance d'un maximum relatif au minimum suivant, est donnée comme l'oscillation montante dont il a été question plus haut.

5° Thermomètre à deux témoins. — Imaginons à un cer-

tain endroit du tube vertical, la boule en bas, une bulle d'air transpercée par un index ayant la tête en haut, et, hors du liquide, un second index collé, la tête en bas, le long du tube. Le thermomètre ainsi disposé indiquera, par la chute d'un ou de deux index, que l'une ou l'autre des deux températures qui leur correspondaient a été franchie, ou que la température est sortie de l'une ou de l'autre limite qu'on lui avait assignée en plaçant les deux index.

Un pareil indicateur est précieux pour les étuves en général, et particulièrement pour les magnaneries, où il est important qu'un fait notable autre que la mort des vers annonce qu'en l'absence du maître l'ouvrier a été négligent. L'emploi d'une loupe fixe grossissant les index rend très sensible l'absence ou la présence d'un index. Le thermomètre à bulle d'air me paraît avoir deux usages importants, celui que je viens d'indiquer et celui par lequel j'ai commencé cette exposition générale : *le thermomètre à deux témoins et le thermomètre à la fois à maximum et à minimum.*

III. *Mouvements d'un index dans le tube. — Divers phénomènes observés.*

1° Un index tombe naturellement la tête en avant si l'on renverse vivement le thermomètre; la tête s'arrête au ménisque, qu'elle suit dans tous ses mouvements. C'est un index de Rutherford; il se déplace facilement dans le tube.

2° Un index s'introduit facilement par la pointe, si l'on fait tourner lentement entre les doigts le thermomètre horizontal en l'inclinant peu à peu; la pointe une fois engagée dans le tube, on renverse complétement et brusquement le thermomètre; l'index coule tout le long de la colonne liquide jusqu'au ménisque, qu'il suit dans les mouvements produits par une élévation de température et point du tout dans les mouvements produits par un refroidissement. C'est l'index à maximum Doulcet; il jouit, quand il a été abandonné par l'alcool, d'une fixité remarquable.

3° Une bulle d'air rencontrée par la tête d'un index résiste à ce mauvais bélier; on ne fait pénétrer le bélier qu'en frap-

pant le tube sur la paume de la main, pendant qu'on le guide avec l'autre main sans le serrer.

4° Un index qui rencontre une bulle d'air par la pointe y pénètre par un changement de température ou par une secousse sur la paume de la main.

5° Un index qui a une de ses parties non plongée dans le liquide est immobile dans le tube remué sans secousses.

Je vous fais passer un index suspendu par la pointe, un autre par la tête, et je ne puis, pour une raison que j'énoncerai plus loin, vous en présenter qui soient fixés par le milieu du corps.

6° Un index, en tout ou en partie hors de l'alcool, est fixe dans le tube. Si un changement de température amène une bulle liquide contre la pointe de l'index, elle sera sucée de plus en plus profondément par l'index, pourvu que la bulle soit au-dessus de l'index. Le liquide passe de la pointe à la boule de l'index, ou même, si l'on secoue le tube, coule le long du tube.

7° Lorsque les deux index se touchent par la tête et que l'instrument a la boule en haut, un refroidissement qui amène le ménisque de l'alcool au point de contact des index ne continue pas sans produire comme une hernie de l'air dans l'alcool, et, en se détachant, cette hernie forme une bulle qui monte le long de l'index supérieur. Des bulles se forment régulièrement et se réunissent en une seule qui a bientôt la dimension convenable. On chauffe le thermomètre pour donner à la partie liquide séparée une longueur suffisante, et, le thermomètre se refroidissant la boule en bas, l'index inférieur se loge dans la partie séparée et s'écarte par le refroidissement de l'autre index. Alors on a le thermomètre à minimum vertical; si l'on échauffe l'instrument, on a le thermomètre à deux témoins, etc., etc.

Grâce à cette production mécanique des bulles, on construit avec la plus grande rapidité le thermomètre à bulle d'air, et sans que l'adresse de l'opérateur soit mise en jeu. Cette condition est indispensable pour qu'un instrument puisse être mis entre les mains d'un grand nombre d'observateurs, qui ont la patience d'observer, mais non d'apprendre de petits tours

d'adresse nécessaires pour ne pas perdre de temps avec un instrument. Tous les phénomènes dont je viens de parler se produisent avec sûreté. Un scieur de long a été mis, en quarante minutes, en état de reproduire à volonté tous les phénomènes dont je viens de parler; je dois ajouter que c'était un scieur de long intelligent.

Quelques expériences vont montrer comment, en produisant ces phénomènes on peut, sans secousses, *rassembler le liquide en une seule colonne*, *diminuer à volonté une bulle d'air*, *allonger ou raccourcir une partie de la colonne liquide*, *faire descendre un index placé trop haut dans le tube pour que la chaleur des mains puisse y amener l'extrémité du liquide;* enfin, comment on peut *construire le thermomètre à bulle d'air à chaque instant*, sans employer autre chose que les mains et leur chaleur, le thermomètre et ses index.

Une instruction accompagnera le thermomètre que je viens d'avoir l'honneur de présenter à la Société, et elle suffira pour qu'on puisse manier convenablement cet instrument vraiment pratique, puisqu'il a l'exactitude suffisante, qu'il est d'un prix peu élevé et qu'il peut servir à de nombreux usages. Il faut remarquer surtout qu'il peut être employé en voyage; partout on a des mains pour le remettre en place; et, pourvu que l'instrument ne soit pas brisé, on est bien sûr de pouvoir s'en servir sans qu'il arrive de dérangement difficile à guérir dans une excursion, lorsqu'on est privé de toute ressource.

En résumé, pour moins de 20 francs on a un thermomètre construit avec le soin que M. Baudin apporte à tous les instruments qu'il gradue, qui devient avec la plus grande facilité :

1° Un thermomètre à alcool ordinaire;

2° Un thermomètre de Rutherford à minimum;

3° Un thermomètre de Doulcet à maximum;

4° Un thermomètre à la fois à maximum et à minimum;

5° Un thermomètre à minimum qui peut être introduit dans les couches d'eau profondes;

6° Un thermomètre à maximum qui peut être employé pour l'étude des températures à l'intérieur des puits profonds;

7° Un thermomètre donnant le premier maximum en même temps que le maximum absolu;

8° Un thermomètre donnant le minimum absolu et la plus grande oscillation montante;

9° Un thermomètre donnant le maximum absolu et la plus grande oscillation descendante;

10° Un thermomètre à deux témoins, qui avertit sans ambiguïté que la température est sortie de l'intervalle compris entre deux températures données, soit par une des extrêmes soit par l'autre, soit par toutes les deux successivement.

Géologie. *Ile de Chypre.* — La note suivante sur la géologie de l'île de Chypre a été communiquée par M. Albert Gaudry.

Chypre, si fameuse dans les temps anciens par ses richesses et ses voluptés, est aujourd'hui une île abandonnée. Elle était restée complétement inconnue des naturalistes, quand le ministère des travaux publics et le Muséum d'histoire naturelle de Paris me chargèrent de l'explorer. J'ai accompli cette mission en 1853; en 1855, les résultats de mes recherches agronomiques ont été publiées (1) ; je viens maintenant exposer à la Société philomathique mes travaux géologiques.

Située dans la partie la plus orientale de la Méditerranée, près de la Cilicie et de la Syrie, Chypre est très distincte des îles de l'Archipel. Si mes observations ont été exactes, sa géologie serait assez simple et son apparition au-dessus des eaux de la mer serait peu ancienne. Sa forme est singulièrement irrégulière ; la multitude de ses promontoires lui a valu dans l'antiquité le surnom d'île aux Cornes (κεράστη). En son milieu s'étend une plaine dans laquelle est bâtie Nicosie, la capitale. Cette plaine joint le littoral oriental au littoral occidental ; elle est encadrée au nord et au sud par une chaîne de montagnes. La chaîne du nord, nommée chaîne de Cérines, est formée de calcaires compactes flanqués de grès macignos ; elle présente de grands escarpements ; on croirait voir une immense muraille destinée à protéger le nord de l'île. La chaîne du sud ou des monts Olympe a un aspect très différent ; elle est composée de roches plutoniques contre lesquelles sont relevées des marnes blanches. C'est à la limite de ces marnes et des

(1) Recherches scientifiques en Orient. Partie agricole. In-8, Imprimerie impériale, 1855.

mamelons plutoniques que sont situés les vignobles d'où l'on tire les fameux vins de Chypre, connus sous le nom de Commanderie. Les monts Olympes atteignent une hauteur de 2 000 mètres.

Les plus anciens terrains que j'aie observés sont les calcaires compactes de la chaîne de Cérines. Ces roches se rapportent sans doute au système des calcaires à hippurites qui a tant d'extension dans les contrées méridionales de l'Europe et permet d'attribuer à la Méditerranée, vers la fin de la période secondaire, une étendue bien plus grande que de nos jours; cette mer était peut-être un océan. Au-dessus des calcaires compactes, on voit des grès macignos à empreintes de plantes carbonisées, appartenant probablement à la première période tertiaire, et sur les grès reposent des marnes blanches qui recouvrent la moitié de Chypre. Ces marnes renferment de puissantes couches de pierres à plâtre, justement vantées par Théophraste et Pline comme les plus belles du monde. Par leur aspect minéralogique et leurs fossiles, elles se rattachent aux marnes blanches de la formation tertiaire moyenne, décrites en Asie Mineure par MM. de Tchihatcheff et Abich. Ayant relâché à Mersina, sur la côte de Cilicie, j'ai pu les y observer; je les ai retrouvées en Syrie, dans le mont Liban. On pourra un jour découvrir qu'une partie de ces marnes est lacustre, ainsi que dans l'ouest de l'Asie Mineure et en Grèce; mais jusqu'à présent on n'y a trouvé que des fossiles marins, et par conséquent on doit supposer que, pendant le milieu de la période tertiaire, la Méditerranée occupait encore en Orient une bien plus vaste étendue que de nos jours. Au contraire, dans les pays qui bordent la partie médiane de cette mer (région de la Grèce et de l'Archipel), les terrains formés pendant le milieu de la période tertiaire ne sont pas d'origine marine ; comme je l'ai dit ailleurs, il semble qu'à cette époque la Grèce fût unie à l'Asie Mineure. Qui sait même si elle ne se rattachait pas à l'Afrique ? car les animaux trouvés à Pikermi ont un aspect africain. On voit donc que la Méditerranée aurait eu une forme très différente de sa forme actuelle.

Après le dépôt des marnes blanches, Chypre fit son appa-

rition au sein de la mer. C'est alors qu'eurent lieu les soulèvements de la chaîne de Cérines et des monts Olympes. Ces soulèvements furent accompagnés de la sortie de masses immenses de roches ophitiques (aphanites, ophitones, wackes), et serpentineuses (serpentines et granitones). Ces masses ont exercé les plus curieux effets de métamorphisme sur les terrains sédimentaires qu'elles ont traversés; des ochres, des oxydes de manganèse, des jaspes et des thermantides se sont substitués à des roches calcaires, sur une étendue de plusieurs centaines de mètres. M. Auguste Terreil a fait l'analyse de ces substances produites par le métamorphisme.

Après les soulèvements de la chaîne de Cérines et des monts Olympes, une partie de l'île resta plongée sous les eaux de la mer, les dépôts qui se formèrent alors appartiennent à la dernière période tertiaire, ainsi que le témoignent leurs nombreux fossiles; ils furent interrompus par des dislocations qui exhaussèrent la pointe orientale nommée le Carpos et l'espace compris entre les deux grandes chaînes. Les derniers phénomènes qui donnèrent à Chypre son relief définitif eurent pour résultat de dessiner presque tout autour de l'île un cordon de roches quartenaires, dont les fossiles ont encore une extrême fraîcheur. L'étude de ce cordon littoral est instructive, car elle nous montre comment les terrains se sont formés sur les rivages des mers anciennes,

Les faits que j'ai recueillis sont appuyés sur des coupes nombreuses insérées dans le mémoire que je viens de publier et sur une carte géologique au $\frac{m}{25000}$ que M. Amédée Damour m'a aidé à dresser. La partie géographique de cette carte ne nous appartient pas, elle est l'œuvre de M. Mas Latrie; la carte inédite dressée par ce savant historien nous a servi de base ; bien qu'elle soit imparfaite, surtout en ce qui concerne le relief des montagnes, elle a pu suffire pour nos études géologiques.

J'ai consacré la seconde partie de mon ouvrage à l'étude des substances minérales qui ont été utilisées dans les arts. J'ai rassemblé les textes des auteurs grecs et latins qui ont rapport à la géologie de Chypre. Cette île a été très-célèbre

par ses pierres et ses métaux. Le cuivre surtout a été l'objet de grandes exploitations, Pline, en deux endroits différents de son *Histoire du monde*, prétend que c'est à Chypre que ce métal a été d'abord travaillé; il en attribue l'invention à Cinyras contemporain de la guerre de Troie. On sait que les latins ont tiré leur mot *cuprum* de celui de Chypre (κύπρος), Les minéraux cuivreux cités par les anciens sont le chalcite (sulfure de cuivre et de fer), la rouille de cuivre (malachite), le chalcanthe (sulfate de cuivre), le sory (sulfate de cuivre et de fer) que l'on distinguait du misy (sulfate de fer). Le cuivre de Chypre servait à former cinq composés artificiels : le scolex, la chrysocholle, la spode, l'airain brûlé et l'écaille de cuivre. Il paraît qu'on a extrait dans l'île de l'argent et de la galène, de la calamine, du pompholyx (oxyde de zinc). Malgré mes recherches, je n'ai pu trouver d'indications de l'exploitation du fer, bien que ce métal soit abondant en Chypre; ceci confirmerait l'opinion des archéologues qui placent avant l'âge du fer l'âge du cuivre. On ne peut douter de l'importance des exploitations des anciens, quand on voit rassemblés sur plusieurs points des monts Olympes d'immenses accumulations de scories qui forment presque des collines. J'ai rapporté un assez grand nombre de ses scories. M. Terreil, qui en a analysé plusieurs, n'y a rencontré que des traces de cuivre, preuve de l'habileté des premiers mineurs et du danger qu'il y aurait à vouloir utiliser les substances traitées par les anciens. M. Terreil a été frappé de la quantité considérable d'oxyde de manganèse renfermée dans les scories; peut-être a-t-on trouvé et trouverait-on encore aujourd'hui quelque avantage à mêler le manganèse aux minerais de cuivre pour en faciliter la réduction. Si à l'exploitation des substances métalliques on joint celle des jaspes, du paideros et du sanguenon (opales), du diamant de Chypre (analcime), du morion (hydrolite?), des prétendues émeraudes (minéraux cuivreux), du sil (ocre brune), du gypse et d'admirables matériaux de construction; si on ajoute que l'orographie et la disposition des côtes sont favorables aux transports, et que la constitution agricole était aussi heureuse que la constitution géologique, on ne s'étonne plus des grandes richesses que Chypre posséda

à l'origine. Peut-être ces richesses, qui durent introduire de bonne heure la mollesse des mœurs, contribuèrent à l'établissement du culte de Vénus : *Chypre*, nous dit Florus, *abonda en richesses dans l'antiquité; c'est pour cela qu'elle fut dédiée à Vénus*. Aujourd'hui, la métallurgie est oubliée, l'agriculture languit; Paphos, Amathonte, Idalie, ne vivent plus que dans les souvenirs.

Séance du 6 décembre 1862.

ZOOLOGIE. *Organes de la vue chez les Pholades.*—M. L. Vaillant a communiqué la note suivante sur l'existence des organes de la vue chez les Pholades.

On regarde depuis longtemps, chez les Mollusques acéphales, comme représentant les organes de la vue, certaines parties pigmentaires placées, soit au pourtour du manteau, soit à l'orifice des siphons, parties dont M. Will a donné, il y a dix-huit ans, une description très détaillée (1). Cependant, jusqu'ici, les preuves physiologiques manquaient; c'est ce qui me détermine à faire connaître ici certains faits que j'ai été à même d'observer cette année, sur quelques Mollusques de nos côtes.

L'idée de soumettre l'usage de ces organes à un contrôle expérimental appartient à M. Deshayes, qui m'avait communiqué certaines observations faites par lui en Algérie, mais dont les résultats négatifs le portaient à considérer ces organes comme servant seulement au tact. Les Mollusques sur lesquels ce savant conchyliologiste avait expérimenté appartenaient au genre Peigne, animaux chez lesquels, parmi les Acéphales, les organes de la vue paraissent atteindre le maximum de développement, puisqu'ils présentent assez distinctement une cornée, un milieu réfringent et une choroïde. Ces Mollusques étant placés dans une pièce obscure, en face d'une fenêtre fermée par un volet, on ouvrait celui-ci à une heure déterminée, de façon à faire tomber directement un rayon de soleil sur le vase qui les contenait. En expérimentant de cette façon,

(1) Ueber die Augen der Bivalven, etc.: Froriep's Neue Notizen; 1844, t. XXIX, nos 622 et 623.

M. Deshayes ne vit jamais les animaux témoigner la moindre sensibilité.

Les Mollusques qui m'ont servi dans mes expériences appartiennent au genre Pholade et à trois espèces communes sur les côtes du Boulonnais : *Ph. candida, Ph. dactylus*, *Ph. crispata;* j'ai le plus souvent employé cette dernière. J'avais été étonné, en m'approchant un soir avec une lumière d'un bocal renfermant quelques-uns de ces animaux, de leur voir exécuter des mouvements dont rien ne pouvait me rendre compte, excepté l'action des rayons lumineux, ce qui me donna l'idée de répéter l'expérience d'une façon plus démonstrative. Pour cela, je recouvris un bocal d'une enveloppe légère, noircie soigneusement en dehors et en dedans, pour arrêter aussi complétement que possible l'accès des rayons lumineux ; puis, après quelque temps de repos, approchant une lumière et enlevant cette enveloppe, je vis toujours les Pholades exécuter des mouvements consistant d'abord en un retrait du siphon avec contraction des ouvertures branchiale et anale; puis, au bout de quelques instants, retour à l'état normal, les siphons étendus et largement ouverts.

Il est facile de s'assurer qu'il s'agit bien là d'une sensation due aux rayons lumineux, et non à un contact, en éloignant la lumière de telle sorte qu'elle permette seulement à l'observateur d'examiner les mouvements des animaux, sans que ceux-ci cependant puissent la percevoir. Ils restent dans ce cas toujours immobiles, et cependant les conditions d'ébranlement du vase ou de l'air sont identiquement les mêmes que lorsqu'on retire l'enveloppe après avoir approché la lumière.

Quant au siége de la sensation, il réside évidemment dans l'extrémité du siphon, lieu où M. Will a décrit les organes visuels. En effet, si on retranche celle-ci en coupant *toute la partie pigmentée*, l'animal, remis en expérience, n'exécute plus aucun mouvement. Cependant, ces êtres résistent fort bien à cette mutilation, et l'on peut facilement s'assurer qu'elle ne les empêche nullement de conserver leur sensibilité. Ainsi, en mettant dans un même vase des Pholades intactes et d'autres auxquelles le siphon a été enlevé, si les

premières, dans leurs mouvements, touchent les secondes, celles-ci se contractent à leur tour.

Mais un fait qui m'a fort étonné, et qui reste pour moi inexplicable, c'est que l'expérience faite à la lumière solaire ne m'a jamais donné de résultat: les animaux restent immobiles. Faut-il admettre une différence d'action suivant la couleur des rayons lumineux? faut-il invoquer ce fait que la lumière artificielle, qui, pour l'homme, passe pour plus fatigante, plus irritante, semble toujours vivement impressionner les animaux? ou, ce qui me paraît plus probable, qu'il est assez difficile pendant le jour de produire une obscurité complète? Ce sont autant d'explications qui demanderaient à être confirmées. Toutefois, on doit remarquer que ce résultat concorde avec celui qu'avait obtenu M. Deshayes, ce qui doit le faire prendre en considération.

Il serait à désirer que des naturalistes placés dans des conditions favorables pussent répéter ces expériences en les variant et pour leurs conditions et pour les animaux à employer; aussi ai-je cru devoir faire connaître dès à présent les résultats que j'ai obtenus, quelque incomplets qu'ils soient encore.

Paris.—Typ. de Cosson et Comp., rue du Four-Saint-Germain, 43.

SOCIÉTÉ

PHILOMATHIQUE DE PARIS.

ANNÉE 1863.

EXTRAIT DE L'INSTITUT,

JOURNAL UNIVERSEL DES SCIENCES ET DES SOCIÉTÉS SAVANTES
EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER.

1re Section. — Sciences mathématiques, physiques et naturelles.

Cité Trévise, 5, à Paris.

165772

SOCIÉTÉ
PHILOMATHIQUE
DE PARIS.

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

PENDANT L'ANNÉE 1863.

PARIS
IMPRIMERIE DE LOUIS GUÉRIN,
RUE DU PETIT-CARREAU, 26.

1863

SOCIÉTÉ
PHILOMATHIQUE
DE PARIS.

SÉANCES DE 1863.

Séance du 3 janvier 1863.

Dans cette séance, M. de Caligny a fait une communication sur son moteur hydraulique à piston oscillant sans autre pièce mobile.

Il rappelle que, dans une des précédentes séances, il a fait hommage à la Société d'un grand tableau lithographié, contenant quatre groupes de figures avec légendes, et formant la planche première d'un ouvrage dont il s'occupe en ce moment.

Un de ces groupes a pour objet son moteur oscillant sans autre pièce mobile indispensable, sur lequel il a communiqué des expériences le 31 juillet 1847 (voir *l'Institut*). Le modèle en petit dont il s'agissait alors avait été construit pour la Faculté des sciences de Besançon. Il était très-facile de l'amorcer, parce qu'il suffisait de déboucher, d'une manière quelconque, une seule fois, l'extrémité inférieure d'un tuyau de conduite fixe. Cet appareil offre un moyen tellement *rustique* d'obtenir un mouvement de va-et-vient au moyen d'une chute d'eau qui peut être très-variable sans que le jeu s'arrête, qu'il était intéressant d'indiquer une manière commode de l'amorcer quand on voudrait donner au tuyau fixe et au piston de grandes dimensions, tout en construisant, si l'on veut, ce tuyau *même en planches*, en lui donnant une section quadrangulaire.

Il suffit pour cela, dit M. de Caligny, de recourber verticalement l'extrémité d'aval du tuyau de conduite fixe, cette extrémité recourbée étant, bien entendu, toujours plongée dans l'eau du bief d'aval. En effet, si l'on conçoit sur cette extrémité un tube vertical mobile, précisément disposé comme celui de l'appareil, de son invention, qui a fonctionné à l'exposition

universelle de 1855, et pour lequel il fut honoré d'une médaille de première classe par le jury international (voir dans l'*Institut* la note de la séance de la Société du 2 novembre 1852), il suffira évidemment de lever une seule fois, et de tenir levé à une hauteur convenable, le tuyau dont il s'agit pour que l'appareil soit en train.

Il est facile de concevoir que ce tuyau vertical étant baissé, l'eau sera en équilibre dans son intérieur avec l'eau du bief d'amont, l'autre extrémité du tuyau de conduite, qui est verticale sur une certaine hauteur, étant débouchée par le piston supposé sorti de cette espèce de corps de pompe, et plongé au-dessus de ce dernier dans l'eau du bief d'amont.

Or, si l'on débouche subitement l'extrémité d'aval, c'est-à-dire si le tuyau vertical mobile, étant levé, laisse le tuyau de conduite fixe débouchant librement dans le bief d'aval, le piston sera *aspiré*, comme cela est expliqué dans les communications de l'auteur sur les expériences qu'il rappelle, en vertu du mouvement de l'eau. Le piston descendra en vertu de la manière dont agit la pression atmosphérique, notamment à partir de l'instant où il sera engagé dans son corps de pompe. Il sera ensuite relevé quand la force vive du système sera suffisamment éteinte pour qu'il n'ait plus à surmonter, en se relevant, que la pression *hydrostatique* exprimée par la hauteur de la chute motrice, et ainsi de suite indéfiniment, comme cet appareil a fonctionné dans les expériences, parce que le piston peut être alors relevé soit par un contre-poids, soit par un ressort, soit même par un flotteur ne faisant, si l'on veut, *qu'une seule pièce mobile* avec le piston, étant plongé dans l'eau du bief supérieur.

Il semble au premier aperçu que, pour les grandes dimensions, il peut être gênant à cause des fondations, de recourber l'extrémité d'aval, afin d'obtenir le moyen commode et même *rustique* d'amorcer l'appareil. Mais dans le cas où cela serait un inconvénient, l'auteur rappelle qu'il a donné un moyen de construire des coudes très-brusques, tout en diminuant beaucoup la résistance dans les coudes au moyen de lames courbes concentriques, qui lui permettent de simplifier beaucoup de ses appareils.

Séance du 17 janvier 1863.

PHYSIOLOGIE. *Reproduction des parties enlevées chez certains animaux.* — M. Bert expose à la Société le résultat d'un grand nombre d'expériences sur la faculté de rédintégration, et insiste sur les faits suivants :

Batraciens. Chez les Tritons, la rapidité de la reproduction de la queue et des membres enlevés est d'autant plus grande que l'animal est plus jeune ; elle est au maximum chez la larve. Les têtards de Grenouilles, de Crapaud accoucheur, etc., régénèrent fort bien leur queue, comme on le savait déjà. J'ai même vu celle-ci repousser encore après une seconde amputation qui avait porté sur la partie déjà reproduite ; la nouvelle queue est constituée des mêmes parties que l'ancienne ; seulement elle présente toujours moins de pigments et une forme assez irrégulière. Si on attend pour faire l'expérience que les quatre pattes du têtard aient apparu, la queue ne se reproduira plus, et cela n'a rien d'étonnant, puisque le temps de sa résorption naturelle va commencer.

Cette reproduction d'un organe transitoire m'a engagé à faire l'ablation des branchies externes des larves de Triton ; mais, au contraire de Steinbuch, je n'ai jamais vu ces organes repousser. Quand l'animal est très jeune, le moignon de la branchie grandit, mais sans changer de forme. S'il est plus âgé, l'amputation des branchies d'un côté semble avoir pour effet de hâter la résorption des branchies de l'autre côté, et vraisemblablement aussi d'activer le développement des poumons.

Poissons. J'ai répété les expériences de Broussonnet sur les nageoires des Poissons, et, plus heureux que Dugès, elles m'ont parfaitement réussi. J'ai pu, quatre fois en cinq mois (août-décembre) faire repousser la nageoire caudale d'un Cyprin doré, en pratiquant chaque fois mes amputations dans une partie de nouvelle formation. Au reste, comme Broussonnet l'avait fort bien vu, c'est la caudale qui jouit de la plus grande puissance de rédintégration ; puis viennent les pectorales, puis les ventrales, l'anale et enfin la dorsale. La différence est telle, qu'au bout de cinq mois, chez un des Cyprins à qui j'avais quatre fois coupé la caudale repoussée quatre fois, la dorsale présen-

tait à peine une bandelette nouvelle, d'un à deux millimètres de hauteur.

Il serait fort intéressant d'expérimenter sur les Poissons cartilagineux, et surtout sur les Plagiostomes, chez qui leurs nombreuses analogies avec les Batraciens peuvent faire soupçonner une force de rédintégration plus considérable que chez les Téléostiens.

Les nageoires reproduites ressemblent complétement à celles qu'elles remplacent, sauf une coloration moindre pendant quelque temps; on y retrouve les rayons osseux à épanouissement dichotomique; ils réapparaissent en continuité avec ceux du moignon de la nageoire, et sont comme eux composés de pièces articulées.

Insectes. La reproduction des parties détruites chez les Insectes est liée intimement à l'acte de la mue; c'est dire qu'elle n'a plus lieu chez l'animal parfait. Heineken l'avait déjà signalée pour les antennes chez les larves de Blatte et les nymphes de Réduve.

Je l'ai étudiée particulièrement chez les larves d'Agrion et celles d'Éphémère. J'ai vu une larve d'Agrion reformer une de ses pattes et un de ses appendices caudaux en moins de six semaines (avril). Chez les larves d'Éphémère, le phénomène se produit beaucoup plus rapidement. En deux ou trois changements de peau, c'est-à-dire en deux ou trois semaines, elles recouvrent leurs pattes, leurs antennes, leurs appendices caudaux ornés de nombreux filaments et creusés de vaisseaux sanguins bien limités. Ces différentes parties repoussent jusqu'à trois et quatre fois de suite, peut-être même davantage.

La reproduction se fait à partir du point où a porté l'amputation. Elle n'a pas lieu progressivement, mais subitement à l'époque de chaque mue; jusque là rien ne se montre à l'extérieur et le microscope même est impuissant à faire voir les tissus diaphanes qui formeront l'appendice futur. Puis, la mue opérée, celui-ci apparaît tout à coup avec toutes ses parties constitutives. Dans la dernière mue, celle qui précède le changement d'état, la puissance de reproduction semble singulièrement affaiblie, au moins pour les appendices caudaux, qui ne réapparaissent pas toujours.

A quelque endroit d'une patte qu'ait été pratiquée l'opération, cette patte, quand elle se reproduit, acquiert tout ce qui lui

manque, sauf quelquefois les griffes des extrémités; mais elle a besoin de plusieurs mues pour atteindre ses dimensions primitives.

Crustacés. La reproduction des pattes, des antennes, etc. chez les Crustacés est classique depuis les recherches du père du Tertre et de Réaumur. Cependant, l'étude attentive du phénomène chez les Crabes m'a montré quelques détails intéressants. Réaumur, qui a suivi avec sa sagacité habituelle les résultats de l'amputation des appendices chez l'Écrevisse, signale ce fait singulier qu'elle se débarrasse en quelques jours du moignon d'un membre coupé dans la partie moyenne. Cette amputation volontaire se fait toujours à une suture qu'indique nettement Réaumur, mais sans en donner la description anatomique. Au rapport de Heineken, cette description aurait été publiée dans un journal écossais dont il ne donne ni le nom ni la date par un naturaliste nommé Mac Culloch. Comme je n'ai pu me la procurer, je crois devoir donner ici le résultat de mes propres observations.

Cette suture se trouve au milieu de la deuxième pièce du membre, celle à qui M. Milne-Edwards a imposé le nom de trochite. Elle consiste en une simple juxtaposition de deux pièces maintenues en place par une membrane peu résistante ; la séparation peut donc se faire en cet endroit bien plus facilement qu'à une articulation proprement dite dont on connaît le mode puissant d'engrènement. De plus, les muscles qui meuvent l'ensemble du membre sur le tronc, partis des apophyses épimériennes du thorax, s'arrêtent à la première pièce du trochite, en deçà de la suture ; au contraire, ceux qui président aux mouvements individuels des autres articles de la patte, prennent insertion sur la deuxième pièce du trochite, au delà de la suture. Il en résulte qu'au niveau de cette suture, il ne se trouve aucune résistance notable, et que la séparation de l'appendice peut s'y faire très-facilement.

Cela explique comment un Crabe à qui l'on ampute une notable partie d'un de ses membres en projette aussitôt le moignon avec une certaine force, soit qu'il se serve des pattes voisines, soit que, par une contraction vigoureuse et antagoniste des muscles insérés de chaque côté de la suture, il dissocie violemment les deux pièces qu'elle réunit. Au reste, l'animal ne se décide guère à ce sacrifice que lorsque l'instrument a retranché

au moins deux articles du membre, sans quoi celui-ci se complète à partir du lieu même de l'opération.

Chez l'Écrevisse, au rapport de Réaumur, sur la cicatrice consécutive à l'amputation, s'élève une membrane qui s'allonge en cône, et sous laquelle se développe la nouvelle patte, déployée dans la position d'une patte d'Écrevisse au repos. A force de s'étendre, la membrane s'amincit, se déchire, et la jambe sort tout entière de son fourreau.

Les choses ne se passent pas tout à fait ainsi chez les Crabes. Sous son abri membraneux, la patte se reproduit, repliée sur elle-même et non pas allongée ; elle ne perce jamais cet abri, qui grandit fort peu, et pour apparaître au dehors, comme les pattes des larves d'Insectes, elle attend l'époque de la mue. Un fait remarquable, c'est que la division en articles du membre qui commence à naître s'opère presque dès les premiers instants du développement. Si on examine avec soin l'intérieur du petit mamelon, alors même qu'il n'a pas encore 1 millim. de hauteur sur $0^{mm},5$ d'épaisseur à la base, on y trouve l'appendice de nouvelle formation avec tous ses articles déjà délimités. Il grandit ainsi jusqu'à ce point que, chez un *Cancer mœnas* dont la patte intacte mesurait $5^{c},2$, j'ai vu d'une coiffe membraneuse haute de 6 millimètres sortir à la mue une patte bien compléte longue de $3^{c},4$.

Séance du 6 décembre 1862.

M. Catalan a fait, dans cette séance, la communication suivante, au nom de M. Leclert, conducteur des ponts et chaussées à Neufchâtel-en-Bray :

1° Soit une série, *convergente* ou *divergente*, à termes positifs et indéfiniment décroissants :

$$u_1 + u_2 + u_3 + \cdots\cdots + u_n + \cdots\cdots ;$$

Soit S_m la somme des m premiers termes de cette série ; on a, en série convergente :

$$S_m = (u_1 - u_{m+1}) + (u_2 - u_{m+2}) + \cdots\cdots + (u_n - u_{m+n}) + \cdots$$

Par exemple :

$$1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\ldots\ldots+\frac{1}{m}=m\left[\frac{1}{m+1}+\frac{1}{2(m+2)}+\ldots\ldots+\frac{1}{n(m+n)}+\ldots\ldots\right]$$

2° Sous certaines conditions, la transformation précédente peut être étendue à une série de la forme :

$$a_0+a_1x+a_2x^2+\ldots\ldots+a_{n-1}x^{n-1}+\ldots\ldots$$

3° Soit une série *convergente* :

$$u_1+u_2+u_3+\ldots\ldots+u_n+\ldots\ldots,$$

dans laquelle le rapport $\frac{u_{n+1}}{u_n}$ tend vers une limite moindre que l'unité (abstraction faite des signes). Posons :

$$u'_n=\frac{\left(\frac{u_{n+2}}{u_{n+1}}-\frac{u_{n+1}}{n_n}\right)u_{n+1}}{\left(1-\frac{u_{n+1}}{u_n}\right)\left(1-\frac{u_{n+2}}{u_{n+1}}\right)}$$

$$u''_n=\frac{\left(\frac{u'_{n+2}}{u'_{n+1}}-\frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right)u'_{n+1}}{\left(1-\frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right)\left(1-\frac{u'_{n+2}}{u'_{n+1}}\right)}$$

puis désignons par S, S', S'',... les *sommes* des séries dont les termes généraux sont u_n, u'_n, u''_n. On a ces diverses transformées :

$$S=\frac{u_1}{1-\frac{u_2}{u_2}}+S',\quad S=\frac{u_1}{1-\frac{u_2}{u_1}}+\frac{u'}{1-\frac{u'_2}{u'_1}}+S'',\ldots;$$

et

$$S=\frac{u_1}{1-\frac{u_2}{u_1}}+\frac{u'_1}{1-\frac{u'_2}{u'_1}}+\frac{u''_1}{1-\frac{u''_2}{u''_1}}+\ldots\ldots,$$

pourvu que $$\lim. \frac{u_1^{(n-1)}}{1-\frac{u_2^{(n-1)}}{u_1^{(n-1)}}} = 0$$

4° *Applications.* En partant de la série de Leibniz :

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \ldots\ldots,$$

M. Leclert trouve :

$$\pi = 3 + \frac{1}{1.2.3} - \frac{1}{2.3.5} + \frac{1}{3.4.7} - \ldots \pm \frac{1}{n(n+1)(2n+1)} \mp \ldots,$$

et

$$\pi = 3 + \frac{1}{12} + 3\left(\frac{1}{1.3.3.5} - \frac{1}{2.4.5.7} + \ldots \pm \frac{1}{n(n+2)(2n+1)(2n+3)} \mp \ldots\right)$$

Les mêmes transformations, appliquées au développement de e, donnent :

$$e = 3 - \left(\frac{1}{1^2.2^2} + \frac{1}{1.2^2.3^2} + \frac{1}{1.2.3^2.4^2} + \ldots + \frac{1}{1.2\ldots(n-1)n^2(n+1)^2} + \ldots\right)$$

Séance du 7 février 1863.

CHIMIE. *Nouvelles observations sur l'érythrite.* — La note suivante a été lue dans cette séance par M. Victor de Luynes.

On sait que l'érythrite, sous l'influence de l'acide iodhydrique en solution concentrée, donne un liquide qui possède la même composition que l'iodure de butyle. Ce dernier composé prend également naissance lorsqu'on traite l'acide érythrique par l'acide iodhydrique. Ce résultat, qui indique la préexistence de l'érythrite dans l'acide érythrique, vient à l'appui de l'opinion émise par M. Berthelot, qui considère l'acide érythrique comme un éther diorsellique de l'érythrite. Avec l'acide érythrique, la formation de l'iodure de butyle est accompagnée d'un dégagement d'acide carbonique.

Lorsqu'on verse une solution sirupeuse d'érythrite sur du noir de platine, la température s'élève au point que la masse devient incandescente. En employant une solution plus étendue

d'érythrite, on peut modérer la réaction, et l'on obtient un nouvel acide soluble dans l'eau. Cet acide est complétement précipité par le sous-acétate de plomb. Le précipité décomposé par l'hydrogène sulfuré donne l'acide en solution dans l'eau. La liqueur est ensuite concentrée jusqu'à consistance sirupeuse.

Cet acide est incolore, d'une saveur acide insupportable; il rougit énergiquement le tournesol. Il se dissout dans l'eau, l'alcool et l'éther. Il décompose avec effervescence les carbonates de potasse et de chaux et de zinc. Il précipite l'eau de chaux de baryte et le sulfate de cuivre. Il ne précipite pas la potasse, l'ammoniaque et le sulfate de zinc.

Cet acide se produit donc dans les mêmes circonstances que l'acide mannitique précédemment obtenu par M. Gorup Besanez au moyen de la mannite.

L'érythrite présente à un haut degré le phénomène de la surfusion.

TÉRATOLOGIE. — M. Bert a communiqué la note suivante sur un cas de monstruosité triple.

J'ai eu occasion de constater dernièrement un fait fort intéressant et fort rare de monstruosité triple. Le sujet de l'observation était un Mouton vivant; malheureusement, cet animal servant à des exhibitions publiques, il ne m'a pas été permis d'en faire une étude suffisamment approfondie.

Ce mouton, adulte, et parfaitement conformé du reste, ne possédait pas de conques de l'oreille. Immédiatement au-dessous des orifices béants des conduits auditifs, s'ouvrait, à droite comme à gauche, une petite cavité de quatre à cinq centimètres de profondeur. Cette cavité était tapissée d'une muqueuse garnie de longues papilles, absolument comme la muqueuse buccale des Ruminants. Un rebord cartilagineux, véritable mâchoire ébauchée, délimitait en haut et en bas l'anfractuosité, que l'on peut considérer comme une bouche rudimentaire. La mâchoire inférieure portait, à l'une des bouches deux incisives, trois à l'autre.

Dans les mouvements de mastication, les deux petites bouches latérales suivaient la mâchoire inférieure médiane; mais je ne saurais décider si elles adhéraient directement à l'os maxillaire, ou si elles lui étaient suspendues par l'intermédiaire de parties molles. Dans ces mouvements encore, un peu de salive apparaissait aux deux petites bouches; était-ce par sécrétion de

glandes à elles spéciales? était-ce par suite de communication avec le pharynx? Je n'oserais répondre, car l'usage de la sonde m'a été interdit par le possesseur de l'animal monstrueux.

Un fait à peu près semblable, jusqu'ici, je crois, unique dans la science, a été consigné par Is. Geoff.-Saint-Hilaire dans sa Tératologie. Mais plusieurs autres, dus à Mayer, à Gurtl, à M. Joly, à M. Dareste, etc..., n'en diffèrent que par ce point, fort important du reste, qu'il n'y avait qu'une seule bouche rudimentaire, tantôt à gauche, tantôt à droite; il s'agissait donc seulement d'une monstruosité double. Dans quelques-uns de ces cas, la bouche supplémentaire communiquait avec le pharynx du sujet autosite; dans d'autres elle se terminait en cul-de-sac. Mais, chose bien remarquable, toutes ces monstruosités du même ordre ont été rencontrées chez des Moutons. C'est un exemple de ces coïncidences térato-zoologiques sur lesquelles ont insisté avec raison les deux Geoffroy-Saint-Hilaire.

Si les mâchoires inférieures des bouches parasites s'attachaient directement à l'os maxillaire de l'autosite chez le monstre auquel est consacrée cette note, celui-ci devrait prendre le nom générique de tri-paragnathe (Is. Geoff.-Saint-Hilaire). Si, au contraire, l'union n'avait lieu que par l'intermédiaire de parties molles, il faudrait l'appeler tri-plesiognathe ou tri-hypotognathe, selon qu'on donnerait la préférence à la nomenclature de M. Dareste ou à celle de M. Joly. La présente observation a donc besoin, sur ce point comme sur plusieurs autres, d'être complétée par l'examen *post mortem*.

Séance du 14 février 1863.

OPTIQUE CHIMIQUE. — Voici le résumé d'une *Note sur quelques phénomènes optiques consécutifs au mélange des solutions salines*, par M. Jules Regnault, communiquée à la Société dans cette séance.

Le but que l'auteur s'est proposé dans ces premières études a été de rechercher s'il existe quelque modification de l'indice de réfraction moyen, lors du mélange, en proportions déterminées, de deux solutions salines dont l'indice est connu. Les observations ont porté sur un nombre limité de cas, dans lesquels les sels ont été choisis de façon à ne donner aucune double

décomposition apparente, les solutions étant de plus suffisamment diluées pour demeurer permanentes après leur mélange.

M. J. Regnauld, dans ces expériences d'exploration, n'a pas eu recours à la mesure directe des indices; il a fait usage d'un procédé simple qui, sans donner quant à présent la grandeur des phénomènes, est propre à en faire apprécier nettement la nature et le sens.

Cette méthode consiste à employer l'appareil de MM. Kirchhoff et Bunsen, en substituant au prisme de flint une cuve creuse de verre, construite avec soin au moyen de lames planes à faces parallèles, et limitant une cavité prismatique d'un angle invariable.

On verse l'une des dissolutions convenablement concentrée dans le prisme, et faisant usage de la lampe à gaz de Bunsen et d'un globule de sel sodique retenu dans un fil de platine, on amène la raie D en coïncidence avec une des divisions du micromètre, observé par réflexion sur la face d'émergence du prisme. Tout restant identique, la seconde dissolution est substituée à la première, et, par des dilutions ou des concentrations successives, on fait varier son indice jusqu'à ce que la raie D, transmise à travers le second milieu, coïncide avec la même division micrométrique. Les deux liquides possèdent alors le même indice de réfraction par rapport à la raie D.

Quand les liquides sont ainsi amenés à une sorte d'*équilibre optique*, on en fait des mélanges en proportions variables et connues; puis ces mélanges sont successivement introduits dans le prisme, dès que leurs conditions premières de température sont rétablies. On constate pour chacun d'eux la coïncidence ou le déplacement de la raie D relativement à la division du micromètre prise pour point de repère. Suivant que le déplacement s'effectue vers le rouge ou vers le violet, il y a décroissement ou accroissement de l'indice; le nombre des divisions comprises entre le repère et le nouveau point de coïncidence permet de juger approximativement, dans des expériences successives, de la grandeur relative de la modification consécutive au mélange des sels.

M. J. Regnauld a fait l'application de cette méthode à l'examen des solutions suivantes :

Acétate de soude.... { Sulfate / Nitrate / Chlorure } de zinc.

Idem.....	Sulfate Nitrate Chlorure	de cuivre.
Idem.....	Nitrate de plomb.	
Formiate de soude....	Sulfate Nitrate	de zinc.
Idem.....	Sulfate Nitrate Chlorure	de cuivre.

L'auteur a reconnu que, lorsque l'on mélange en proportions convenables deux de ces dissolutions ramenées au même indice de réfraction, l'une contenant l'acide puissant combiné à la base faible, l'autre renfermant l'acide faible, uni à la base énergique, il y a constamment décroissement de l'indice de réfraction.

Les rapports des volumes de chacune des dissolutions nécessaires pour obtenir le décroissement maximum est différent pour chaque groupe de sels ; il sera intéressant de déterminer le poids de chacun des sels dans ces conditions.

Les masses mises en présence restant invariables dans les mélanges, il est permis de supposer que l'abaissement de l'indice de réfraction tient à une modification des propriétés optiques du milieu, naissant d'un groupement différent d'éléments identiques maintenus en dissolution. La probabilité de cette interprétation est appuyée par une série d'expériences inverses des précédentes, et dont voici la liste :

Acétate de zinc.....	Sulfate Nitrate	de soude.
Acétate de cuivre.....	Sulfate Nitrate	de soude.
Formiate de cuivre...	Sulfate Nitrate	de soude.

Dans ces cas, le mélange des solutions contenant les sels qui peuvent résulter de l'union des acides forts avec les bases puissantes, et des acides faibles avec les bases faibles, loin de manifester un décroissement, a produit d'une façon constante un accroissement petit, mais très-appréciable, de l'indice de réfraction.

Il est à peine besoin de dire que ces deux séries d'expériences

semblent converger vers une démonstration expérimentale des opinions de Berthollet sur l'état des acides et des bases dans une solution saline complexe. Il importe également de noter que ces changements de l'indice de réfraction peuvent se rattacher à des modifications permanentes du volume des dissolutions par le fait de leur mélange, c'est-à-dire à des diminutions de densité dans les premières circonstances étudiées, et à des augmentations dans les conditions inverses.

L'auteur n'étant pas encore parvenu à juger du rôle précis des variations de la densité dans ces phénomènes, se borne à prendre acte devant la Société des faits énoncés plus haut, et des moyens qu'il a employés pour les constater. M. J. Regnauld se réserve ainsi le temps de multiplier les séries d'expériences, et de passer du sens général des réactions aux mesures délicates qui lui donnent l'espérance de fixer nettement leur origine. Du reste, l'auteur pense que tous les doutes seront levés lorsqu'il aura étendu ses observations au cas si intéressant de la substitution des acides dans les sels, et de la combinaison directe des acides avec les bases solubles.

GÉOMÉTRIE.—M. Catalan a fait dans cette séance la communication suivante :

THÉORÈME. — « Les normales à un cône du second degré, » menées par les différents points d'une section parallèle à l'un » des plans principaux, rencontrent deux droites fixes, parallèles » au plan de la section, et situées, respectivement, dans les deux » autres plans principaux,

» Cette propriété, qui devient évidente au moyen de deux » triangles semblables, s'étend non-seulement à toutes les sur- » faces du second degré, mais encore aux surfaces représentées » par

$$Ay^2 + Bxy + Cx^2 + Dy + Ex = f(z). \text{ »}$$

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — M. Gris a fait aussi une communication *sur l'organisation du scutellum dans le Maïs et sur le rôle qu'il joue pendant la germination.*

Dans la graine mûre et avant la germination le parenchyme du scutellum offre un contenu cellulaire très-complexe et dont l'étude doit être faite non pas seulement sous l'eau, mais aussi et surtout sous l'huile, l'éther, la glycérine, les réactifs iodés. On

peut s'assurer de cette façon que les cellules du parenchyme contiennent : 1° un corps volumineux qui, dans l'huile et l'éther, paraît très-analogue aux grains aleuriques désignés par M. Hartig sous le nom de *solitaires* et qui, d'autre part, prend dans certaines circonstances l'apparence d'un nucléus ; 2° des corpuscules souvent sphériques qui par leur aspect et leur manière d'être sous les réactifs chimiques se font reconnaître comme grains d'aleurone ; 3° de fines granulations qui sont très-probablement aussi de nature aleurique ; 4° des grains d'amidon simples et assez volumineux ; 5° de la matière grasse.

M. Gris remarque ensuite que le scutellum qui, par son contact avec l'albumen, son mode de connexion avec la plantule, sa structure, paraît destiné à absorber les produits de la dissolution de la fécule périspermique et à les transmettre à l'embryon ne semble pas subir de changements *très-notables* pendant la germination.

Avant d'exposer sa manière de voir sur le rôle que le scutellum joue pendant la germination, M. Gris expose la théorie que vient de proposer tout récemment M. Julius Sachs à ce sujet. Selon M. Sachs le scutellum transmet à l'embryon du sucre provenant de la transformation de la fécule périspermique, et cependant il n'a jamais pu constater la présence du sucre dans le scutellum. Partant de cette hypothèse que la fécule qui remplit le scutellum dès le commencement de la germination *ne peut provenir que de l'albumen*, M. Sachs admet : que le sucre se précipite sous forme de granules chaque fois et aussitôt qu'il a pénétré à travers une membrane cellulaire, que les granules se dissolvent de nouveau, et que de nouveau la solution sucrée traverse la paroi voisine pour se précipiter en granules d'amidon et ainsi de suite.

M. Gris s'étonne que M. Sachs admette si facilement la transformation du sucre en amidon, transformation qu'on n'a pu jusqu'ici obtenir dans nos laboratoires ; il signale surtout comme argument de fait, la présence de la fécule dans le scutellum *avant la germination*, observation qui ébranle la base même de la théorie de M. Sachs.

Selon M. Gris, le scutellum ne paraissant rien garder du flux de matière nutritive dont il doit être sans cesse traversé, ne s'épuisant pas, bien qu'en connexion intime avec le germe qui se développe, doit être considéré comme un intermédiaire neutre

entre l'albumen et les parties actives du germe : les matières qu'il renferme ne se transforment pas, ne se renouvellent pa sans cesse comme le prétend M. Sachs,— le scutellum est simplement une sorte de filtre vivant.

Séance du 28 février 1863.

ZOOLOGIE. *Sur deux Helminthes cestoïdes de la Genette.* — M. Vaillant a communiqué à la Société la note que voici :

« L'occasion que nous avons eue d'examiner les intestins d'une Genette ordinaire (*Viverra geneta*, Linn.), animal que les helminthologistes n'ont eu que rarement à leur disposition, nous a permis de recueillir deux Vers cestoïdes dont nous désirons entretenir brièvement la Société.

» L'un d'eux, malgré quelques différences qui au premier abord paraissent très-importantes, nous semble cependant se rapporter à une espèce décrite par M. P. Gervais sous le nom de *Tœnia platydera* (1). Les caractères tirés du corps et de ses anneaux, caractères, suivant nous, d'une très-grande valeur, sont les mêmes. Le cou est aussi large que la tête. La suite des anneaux considérée en masse est plus large à la partie moyenne qu'aux deux extrémités. Sauf dans le tiers antérieur, on voit sur toute la longueur du corps trois lignes longitudinales parallèles ; en avant les deux latérales seules existent. Les anneaux antérieurs, stériles, sont beaucoup plus larges que longs ; ils mesurent $1^{mm},10$ sur $0^{mm},52$; au tiers moyen ils augmentent de dimensions et deviennent serrés sans que le rapport de la largeur à la longueur change notablement : $2^{mm},6$ sur 1^{mm}; vers la partie postérieure ils prennent la forme de quadrilatères réguliers et mesurent $2^{mm},5$; enfin les proglottis, en devenant un peu plus étroits, s'allongent considérablement au point d'atteindre 5^{mm} à 4^{mm}. Les organes génitaux sont latéraux et opposés sur chaque anneau, ce qui n'existe pas régulièrement chez le *Tœnia platydera* où les orifices peuvent aussi être irrégulièrement alternes. De plus grandes différences se trouvent dans la conformation de la tête

---

(1) Paul Gervais. Académie des sciences et lettres de Montpellier. Mémoires de la section des sciences. T. I, p. 89, pl. I, fig. 1, 1847.

ou scolex, qui est pourvu d'une trompe et sans crochets, deux caractères opposés à ceux que donne M. Paul Gervais. Mais d'une part la trompe rétractile peut avoir échappé à cet observateur; d'autre part les échantillons que nous avons eu à notre disposition provenant d'individus morts on peut croire que les crochets étaient tombés.

» Le second Helminthe offre une combinaison de caractères tout à fait spéciale, car avec la tête d'un Tœnia, il présente les anneaux caractéristiques des Bothriocéphales. Le scolex inerme, globuleux, présente quatre ventouses circulaires à fibres rayonnantes ; le cou est peu rétréci mais visible. Les anneaux antérieurs sont plus larges que longs mesurant $0^{mm},60$ sur $0^{mm},15$. Vers la fin du tiers antérieur ils mesurent $0^{mm},90$ sur $0^{mm},64$. Dans le tiers moyen ils sont quadrilatères et mesurent $1^{mm},5$; on y voit très-distinctement sur la ligne médiane le testicule à la partie antérieure et les rudiments de l'ovaire à la partie postérieure. La forme reste la même et les dimensions atteignent $2^{mm},15$ au tiers postérieur où le testicule s'atrophie tandis que l'ovaire devient très-distinct sous la forme d'un point plus transparent. Enfin dans les proglottis qui mesurent de 2^{mm} à 3^{mm} de long sur 1^{mm} à 2^{mm} de large, on ne voit plus que l'ovaire sphérique mesurant $0^{mm},5$. La longueur totale de la chaîne est de 160^{mm} à 240^{mm}. Les œufs de $0^{mm},042$ sur $0^{mm},030$ sont ovoïdes à simple contour et renferment un embryon haxacanthe dont nous avons pu parfaitement observer les mouvements.

» L'ensemble de ces caractères, qui rapprochent à la fois l'animal des Tœnias et des Botriocéphales, nous engage à former avec lui un genre intermédiaire auquel nous proposons de donner le nom de *Mesocestoïdes*, en spécifiant l'espèce de la Genette par l'épithète d'*ambiguus* pour rappeler la confusion de caractères qu'elle présente. »

Séance du 14 mars 1863.

CHIMIE. *Action de l'acide sulfureux sur le soufre.* — M. Berthelot a communiqué à la Société dans cette séance la note suivante :

D'après une observation récente de M. Geitner, élève de M. Wöhler, l'acide sulfureux, en solution aqueuse, chauffé à

200°, se décompose en soufre et acide sulfurique. En répétant cette expérience qui réussit même entre 160 et 180° (64 h.) (1). j'ai eu l'idée d'examiner la nature du soufre produit. Traité par le sulfure de carbone, ce soufre se sépare en deux parties : un noyau soluble et cristallisable et une enveloppe insoluble, dont le poids est beaucoup plus faible que celui du noyau.

La formation du soufre insoluble dans cette circonstance mérite quelque attention, car il s'est formé sous l'influence d'un refroidissement très-lent, qui a duré de 160° jusqu'à la température ordinaire. Or, dans ces conditions, le soufre insoluble se transforme complétement en soufre cristallisable. Il faut donc que quelqu'un des produits, eau, acide sulfureux, acide sulfurique, qui se trouvaient en contact avec lui, ait agi pour en déterminer la conservation. C'est l'acide sulfureux qui a cette propriété, d'après les expériences suivantes :

I. Une solution aqueuse d'acide sulfureux a été chauffée entre 110 et 115° avec du soufre octaédrique pendant quelques heures. On a obtenu un globule fondu. Après refroidissement, l'enveloppe du globule était formée par du soufre insoluble, le noyau par du soufre cristallisable.

II. Le soufre octaédrique, chauffé avec l'eau pure, dans les mêmes conditions, est demeuré complétement soluble dans le sulfure de carbone.

III. Une solution aqueuse d'acide sulfureux, chauffée seule dans les mêmes conditions, n'éprouve aucun changement.

IV. Du soufre insoluble, extrait de la fleur de soufre et chauffé avec de l'eau entre 110 et 115°, dans les mêmes conditions, fond et se change complétement en soufre cristallisable.

V. Le même soufre insoluble, chauffé entre 110 et 115°, dans les mêmes conditions, avec une solution aqueuse d'acide sulfureux, fond et fournit un globule exactement pareil à celui du soufre octaédrique : l'enveloppe est formée par une pellicule insoluble, le noyau par du soufre cristallisable.

VI. Le soufre octaédrique, maintenu en fusion, entre 115 et 120°, sous une couche d'acide sulfurique concentré, pendant un quart d'heure, demeure complétement cristallisable.

Il résulte de ces faits que l'acide sulfureux possède une action spécifique pour changer le soufre cristallisable en soufre inso-

(1) La décomposition d'une solution renfermant 20 volumes d'acide sulfureux n'est pas complète dans ces conditions.

luble. Cette action est d'autant plus remarquable que le soufre cristallisable, fondu, puis refroidi brusquement, ne saurait donner naissance au soufre insoluble, à moins d'avoir été chauffé au-dessus de 160°, comme je l'ai établi par mes anciennes expériences. Or, on vient de voir que l'acide sulfureux détermine cette transformation à la température de la fusion du soufre. Il partage cette propriété avec l'acide nitrique, comme je l'ai montré ailleurs.

J'ajouterai que la formation du soufre insoluble, soit sous l'influence de l'acide sulfureux, soit sous celle de l'acide nitrique, paraît exiger la fusion préalable du soufre. En effet, le soufre octaédrique, chauffé à 100° pendant plusieurs heures, avec une solution aqueuse d'acide sulfureux, et maintenu à froid pendant plusieurs mois, en contact avec la même solution n'éprouve aucune transformation. Il y a plus : le soufre insoluble (de la fleur de soufre), maintenu à 100° au contact d'une solution aqueuse d'acide sulfureux, se change peu à peu en soufre cristallisable: seulement la transformation est un peu plus lente qu'au contact de l'eau pure.

J'ai cherché à augmenter l'action de l'acide sulfureux en employant ce corps, soit à l'état de gaz, soit à l'état de liquide anhydre. Le gaz entre 115 et 120°, produit à peu près le même effet que sa solution aqueuse. Il en est de même de l'acide sulfureux anhydre et liquide, avec cette circonstance secondaire que l'acide sulfureux liquide dissout à chaud une petite quantité de soufre qui s'en sépare en cristaux prismatiques pendant le refroidissement.

Tous ces faits concourent à prouver que la transformation s'opère seulement au *contact* de l'acide sulfureux : ce contact transforme la surface, sans agir sur le noyau central. La structure vésiculaire de la fleur de soufre, laquelle se solidifie dans une atmosphère d'acide sulfureux, me paraît expliquée en partie par la vitesse du refroidissement, en partie de la même manière que ci-dessus ; car la vésicule est formée par du soufre insoluble et son contenu par du soufre cristallisable.

Terminons par un dernier rapprochement. Toutes les fois que le soufre prend l'état solide dans une réaction chimique ou autrement, en présence de l'acide sulfureux, le soufre renferme une proportion plus ou moins considérable de soufre insoluble ; toutes les fois que le soufre prend l'état solide en présence de

l'hydrogène sulfuré, le soufre est entièrement soluble et cristallisable. Ce sont là des faits d'expérience.

Séance du 21 mars 1863.

M. Leclert, correspondant de la Société, adresse la communication suivante :

Je reprends mes formules pour la sommation des séries dont les termes sont alternativement positifs et négatifs, et satisfont à la condition : $1 - \lim \frac{u_{n+1}}{u_n} \leqq 2$.

$$\text{Posant : } u'_n = \frac{\left(\frac{u_{n+2}}{u_{n+1}} - \frac{u_{n+1}}{u_n}\right) u_{n+1}}{\left(1 - \frac{u_{n+1}}{u^n}\right)\left(1 - \frac{u_{n+2}}{u_{n+1}}\right)};$$

$$u''_n = \frac{\left(\frac{u'_{n+2}}{u'_{n+1}} - \frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right) u'_{n+1}}{\left(1 - \frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right)\left(1 - \frac{u'_{n+2}}{u'_{n+1}}\right)};\ldots\ldots$$

J'ai obtenu les formules suivantes :

S est compris :

$$(1)\begin{cases} 1^\circ \text{ entre } S_{n-1} \text{ et } S_n\text{; limite de l'erreur } \delta_n = u_n. \\ 2^\circ \text{ entre } S_{n-1} + \dfrac{u_n}{1 - \dfrac{u_{n+1}}{u_n}} \text{ et } S_n + \dfrac{u_{n+1}}{1 - \dfrac{u_{n+2}}{u_{n+1}}}\text{; } \delta'_n = u'_n. \\ 3^\circ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

S_n est compris :

$$(2)\quad \begin{cases} 1^\circ \text{ entre } S \text{ et } S + u_n\,;\ \delta_n = u_n. \\ 2^\circ \text{ entre } S - \dfrac{u_{n+1}}{1 - \dfrac{u_{n+1}}{u_n}} \text{ et } S - \dfrac{u_{n+1}}{1 - \dfrac{u_{n+2}}{u_{n+1}}}\,;\ \delta_n' = u'_n. \\ 3^\circ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

La conception et l'interprétation de ces formules n'offrent aucune difficulté quand la série proposée est *convergente :* alors S est la *somme* de la série, c'est-à-dire que l'on a : $S = \lim S_n$.

Quand la série proposée est *divergente*, ou simplement *non convergente*, les formules (1) et (2) trouvent encore leur emploi, mais sous la réserve de quelques explications nécessaires. — Toute série numérique $u_1 + u_2 + u_3 + \cdots\cdots$ peut être considérée comme correspondant à une valeur particulière ($f(1)$ par exemple) d'une certaine fonction (connue ou inconnue) $f(x)$, supposée développée en série générale. Lorsque la série sera convergente, il y aura *identité* entre elle et la fonction, c'est-à-dire que l'on aura : $S = u_1 + u_2 + u_3 + \cdots\cdots = f(1)$. Mais, quand la série sera *divergente* ou *non convergente*, l'identité n'existera plus, puisqu'une série divergente n'a pas de *somme*.

Dans le cas donc où la série proposée sera divergente, dans les formules (1) et (2), il ne faudra plus considérer S comme représentant une *somme* (qui n'existe plus), mais comme représentant $f(1)$. Cette interprétation n'engendre pas de *non sens* et n'offre rien de contradictoire.

Soit, pour exemple, la série *divergente :*

$$(3)\qquad \frac{1}{2} - \frac{2}{3} + \frac{3}{4} - \cdots\cdots \mp \frac{n}{n+1} \mp \cdots\cdots$$

On peut la considérer comme *cas* un *particulier* de la série $\frac{1}{2} - \frac{2}{3}x - \frac{2}{4}x^2 - \cdots\cdots$, développement d'une certaine fonction $f(x)$, qui est *convergent* pour $x^2 < 1$ et *divergent* pour $x^2 = 1$.

Eh bien, en appliquant à la série (3) d'abord les formules (1), la valeur qu'on trouvera pour S ne sera pas une *somme*, mais

bien la valeur de $f(x)$ correspondant à $x=1$, c'est-à-dire $f(1)$.

On a ici :

$$u_n=(-1)^{n-1}\times\frac{n}{n+1};$$

$$u'_n=(-1)^n\times\frac{(n+1)(2n+3)}{(n+2)(2n^2+4n+1)[2(n+1)^2+4(n+1)+1]};$$

puis appliquant les formules (1) :

S ou plutôt $f(1)$ est compris :

2° entre $S_{n-1}+(-1)^{n-1}\times\frac{n^2(+2)}{(n+1)(2n^2+4n+1)}$.

et $S_n+(-1)^n\times\frac{(n+1)^2(n+3)}{(n+2)[2(n+1)^2+4(n+1)+1]}$.

Faisant seulement $n=10$, il vient :

$(S=f(1))$ est compris :

2° entre $S_9-\frac{1200}{2651}$ et $S_{10}+\frac{1573}{3444}$.

Mais on a $S_9=+0.64563$ et $S_{10}=-0.26346$;
d'où :

$$S_9-\frac{1200}{2651}=+0.19297$$

$$S_{10}+\frac{1573}{3444}=+0.19328$$

Ainsi on a, à $\frac{1}{2}$ millième près :

S ou $f(1)=+0.193\ldots$

Appliquons maintenant les formules (2), il vient :

S_n est compris :

2° entre $0.193-(-1)^n\times\frac{n(n+1)}{2n^2+4n+1}$

et $0.193-(-1)^n\times\frac{(n+1)^2(n+3)}{(n+2)[2(n+1)^2+4(n+1)+1]}$.

Soit $n = 100$, on obtient : S_{100} est compris :

$$\text{entre } 0.193 - \frac{10100}{20401} \text{ et } 0.193 - \frac{1050703}{2122314}$$

$$\text{entre } 0.193 - 0.49507 \text{ et } 0.193 - 0.49507$$

$$\text{entre } -0.30207 \text{ et } -0.30207$$

$$\text{c'est-à-dire que l'on a } \left(\text{à } \frac{1}{2000} \text{ près}\right) \quad S_{100} = -0.302$$

Pour que les formules (1) et (2) soient applicables, il suffit donc que la série proposée satisfasse à la condition :

$$1 - \lim \frac{u_{n+1}}{u_n} \leqq 2,$$

cette série pouvant d'ailleurs être *convergente*, *non convergente* ou *divergente*.

Séance du 25 avril 1863.

M. de Caligny a communiqué dans cette séance une machine à faire des épuisements au moyen d'une chute d'eau, reposant sur un principe nouveau de succion des nappes liquides.

Il rappelle d'abord que l'appareil à tube oscillant, de son invention, qu'il a communiqué à la Société, le 2 novembre 1850 (voir le journal *l'Institut*, surtout novembre et décembre de cette même année), a marché régulièrement, même dans le cas où le siége fixe du tube mobile était entièrement hors de l'eau du bief d'aval.

Il résulte, dit-il, de cette circonstance, vérifiée d'ailleurs sur une très-grande échelle en 1852, que cet appareil, au lieu d'être employé à élever de l'eau par le sommet du tube oscillant, peut être employé à faire des épuisements, parce que si ce tube est assez haut pour que l'eau ne sorte point par son sommet, la colonne liquide peut descendre beaucoup plus bas que le niveau de l'eau du bief d'aval dans la partie recourbée verticalement du tuyau fixe, dont l'autre extrémité débouche dans l'eau du bief d'amont. On conçoit que si une soupape est disposée dans

une tubulure latérale en communication avec de l'eau à épuiser. dont le niveau est au-dessous de celui de l'eau du bief d'aval, cela suffit pour qu'il entre alternativement de l'eau à épuiser. quand la colonne liquide sera suffisamment descendue à l'intérieur du système. Cette soupape se refermera d'elle-même, quand la colonne liquide remontera et versera l'eau à épuiser au-dessus du siége fixé sous le tube mobile. Le jeu de l'appareil continuera ensuite, d'après ce qui a été expliqué dans de précédentes communications sur le système élévatoire.

Mais il ne paraît pas même nécessaire, ajoute l'auteur, d'employer une soupape latérale. Supposons que le tube fixe se bifurque au-dessous du niveau de l'eau à épuiser, la plus courte branche de cette bifurcation se relevant aussi verticalement pour recevoir un second tube vertical mobile, aussi élevé par le sommet que le premier, et disposé d'ailleurs d'une manière analogue avec balancier, etc., l'eau s'élèvera d'abord dans les deux tubes mobiles que l'on suppose baissés en même temps. L'eau redescendra ensuite dans les deux tubes mobiles; le premier s'élèvera d'abord, quand l'eau sera suffisamment descendue à son intérieur pour ne plus équilibrer sur son anneau inférieur le contre-poids de son balancier. L'eau continuera à descendre dans la branche la plus longue du tuyau bifurqué, et dans le second tube mobile qui se lèvera de lui-même, en vertu du même principe qui aura fait lever le premier, quand l'eau sera suffisamment descendue à son intérieur. Alors, l'eau à épuiser entrera dans le système par la branche la plus courte du tuyau bifurqué, jusqu'à ce que l'oscillation en retour vers le bief d'amont soit finie. Il reviendra ensuite une certaine quantité d'eau vers le point d'où on l'a épuisée; mais, dans ce sens, il se développera des causes de succion beaucoup plus puissantes que la simple pression hydrostatique à laquelle on pourrait avoir à résister pour tenir soulevé le second tube mobile. Il est facile de voir, en effet, que cette dernière force ne peut provenir, pendant le mouvement de l'extérieur à l'intérieur du système, que de la diminution de pression résultant du mouvement de l'eau sous le *parapluie renversé,* ou sous l'anneau quelconque, disposé à la partie inférieure de ce tube mobile.

On peut donc calculer la limite de *non pression,* dont il faudra se défier, pendant l'entrée de l'eau à épuiser dans le système.

Or, la force de succion qui tendra ensuite à ramener ce tube sur son siége se composera, même abstraction faite de toute force du même genre, de diverses causes de succion réunies provenant des effets de la force centrifuge des filets liquides courbés sous l'anneau inférieur du tube mobile, des effets analogues à ceux des ajutages divergents; enfin, de diverses causes qu'on ne discutera pas ici, mais dont l'ensemble occasionne une force telle qu'il a fallu dans bien des cas la modérer pour ne pas briser les appareils.

Si l'existence de cette force a été contestée, M. de Caligny répond à tout ce qu'on pourrait lui dire, qu'elle existe, qu'il en a montré les effets à beaucoup de monde, et offre de les montrer de nouveau encore plus en grand, de manière qu'il soit impossible de les confondre avec ceux de la force purement hydrostatique rappelée ci-dessus.

Il y aura d'ailleurs lieu d'examiner si, quand le second tube mobile sera à sa hauteur maximum, il ne sera pas entièrement en dehors de l'eau à épuiser, quand cette eau entrera dans le système avec son maximum de vitesse, n'étant ensuite graduellement rejoint par cette eau qu'à l'époque où la vitesse de celle-ci sera très-diminuée. L'expérience montrera même s'il ne serait pas possible, à la rigueur, de laisser à peine plonger ce tube au-dessous du niveau de l'eau à épuiser, quand il sera levé complétement.

Les considérations précédentes ont seulement d'ailleurs pour but d'indiquer en peu de mots les principes d'un moyen très-rustique de faire fonctionner l'appareil sans soupape proprement dite, de manière à pouvoir le faire exécuter par un simple charpentier de village. Au reste, quand il faudrait une soupape latérale, l'appareil serait encore presque ausssi *rustique* que le tube oscillant *élévatoire* du même auteur, qui a fonctionné à l'Exposition universelle de 1855, au moyen d'une chute d'eau.

CHIMIE. *Sur quelques caractères des alcools.* — Le mémoire suivant a été communiqué aussi à la Société dans la même séance par M. Berthelot:

L'étude de la formation des éthers conduit à des notions nettes et précises, propres à caractériser la fonction chimique des alcools. Les alcools véritables, en effet, ceux que tous les chimistes reconnaissent comme tels, s'unissent directe-

ment avec les acides : la combinaison s'opère d'une manière lente, mais régulière ; elle a lieu même en présence d'une grande quantité d'eau ; enfin elle obéit à des proportions fixes, qui dépendent principalement de l'équivalent des acides et des alcools, et non de leurs affinités particulières. Ce sont là des phénomènes aussi généraux et aussi nécessaires que ceux qui caractérisent la combinaison saline.

J'ai pensé qu'il était utile de soumettre aux mêmes épreuves diverses substances neutres choisies dans les principaux groupes organiques, les uns analogues aux alcools, les autres fort différents. Ce sont :

1° Un acétone ; — 2° Deux aldéhydes ; — 3° Un éther simple ; — 4° Deux hydrates qui présentent certaines analogies avec les alcools, la terpine et la saligénine ; — 5° Un composé complexe, la salicine ; — 6° Deux phénols.

I. Acétone très-pur, $C^6H^6O^2$	44,4	1 équiv.	118 h. vers 180°
Acide acétique.....	55,6	1,2	

1 gramme du mélange sature :

Avant l'expérience — Baryte normale...	61^{cc},9
Après l'expérience.....	61^{cc},8

Il n'y a donc pas formation d'une combinaison comparable à un éther.

II. Aldéhyde pur, $C^4H^4O^2$	57,5	1 équiv.	118 h. vers 180°
Acide acétique.....	62,5	1,22	

1 gramme sature, avant l'expérience.....	69^{cc},3
» après l'expérience....	78^{cc},4

Non-seulement il ne s'est pas formé de combinaison stable, mais il y a accroissement d'acidité, ce qui s'explique par une décomposition de l'aldéhyde que j'ai signalée.

III. Aldéhyde campholique (camphre)	70,3	1 éqv.	114 h. vers 150°
Acide acétique.....	29,7	1,08	

1 gramme sature, avant l'expérience.	33^{cc},2
» après l'expérience.	33^{cc},0

Il n'y a donc pas de combinaison comparable à un éther.

IV. L'éther ordinaire, C^4H^5O, chauffé avec l'acide acétique,

soit pur, soit hydraté (118 h. vers 180°) donne lieu à une perte d'acidité égale à 4 ou 5 centièmes : ce qui s'explique, soit par la présence d'un peu d'alcool non éliminé dans les purifications, soit par un commencement de formation d'éther acétique, semblable à celle qui a lieu rapidement au-dessus de 300°.

V. Terpine, $C^{20}H^{20}O^4+2Aq$	80,8	1,33 équiv.	40 h. vers 80°
Acide acétique.....	19,2	1,0	

Pas de combinaison stable en proportion appréciable, soit que l'action soit nulle, soit qu'elle demeure trop lente à 80° ; mais l'altérabilité de la terpine ne permet pas de la chauffer à 180° en présence d'un acide.

VI. Saligénine, $C^{14}H^8O^4$	63,8	1 équiv.	40 h. vers 80°
Acide acétique.....	36,2	1,16	

Il y a neutralisation de 7 centièmes d'acide (1). L'action n'était pas terminée, mais la matière a manqué pour faire une expérience plus prolongée. On voit ici la saligénine se comporter comme un alcool, ce qui s'accorde avec sa transformation régulière en aldéhyde et en acide. Jusqu'ici, on lui avait refusé cette propriété parce que ce corps, éminemment altérable, se sépare en eau et salicétine sous l'influence des acides énergiques.

VII. Salicine, $C^{26}H^{18}O^{14}$	80,0	1 équiv.	40 h. vers 80°
Acide acétique.....	20,0	1,08	

Il y a neutralisation de 14 centièmes d'acide : ce qui s'accorde avec la théorie générale qui envisage la salicine (glucoside saligénique) comme une sorte d'alcool complexe, susceptible de s'unir aux acides, au même titre que le glycéride monacétique.

VIII. 1 Phénol, $C^{12}H^6O^2$	68,3	1 équiv. 37	
Acide acétique....	31,7	1,0	
Au bout de 40 h. vers 160°, acide neutralisé			6,1
Au bout de 136 h.....(limite).....			7,0

2 Phénol.....	72,0	1 équiv. 64	114 h. vers 150°
Acide acétique.....	28,0	1,00	
Acide neutralisé.....	9.		

(1) Acide total = 100, ce qui s'applique également aux expériences VII, VIII et IX.

5 Phénol	55,9	1,64 équiv.	
Ac. benzoïque....	44,1	1,00	
Au bout de 40 h. vers 160° acide neutralisé			25,8
Au bout de 136 h. ..... (limite).....			26,7

IX. Thymol cristallisé $C^{20}H^{14}O^2$	74,0	1 éqv. 13	114 h. vers 180°
Acide acétique.....	26,0	1,00	

Acide neutralisé, 8 centièmes.

Il résulte de ces faits que le phénol et son homologue le thymol s'unissent directement aux acides à la façon des alcools. Ces combinaisons s'arrêtent également à des limites fixes; mais ces limites sont beaucoup plus faibles pour les phénols que pour les alcools, car la proportion neutralisée est trois fois aussi faible avec l'acide benzoïque, dix fois aussi faible avec l'acide acétique; de plus les deux acides expérimentés ont fourni deux limites très-différentes; au contraire, les deux phénols diffèrent peu. Il y a là tout un ordre de faits parallèles à ceux qui se présentent avec les alcools véritables, mais qui paraissent obéir à d'autres lois.

Dans tous les cas, les faits ci-dessus manifestent a la fois, entre les phénols et les alcools, de nouvelles analogies et de nouvelles différences, analogies et différences qu'il faut joindre à celles qui obligent à envisager les phénols, soit comme une classe spéciale de composés organiques, voisins de la classe des alcools, soit comme un groupe à part dans la classe générale des alcools. D'ailleurs, il importe peu au fond de décider entre ces deux manières de voir, dès que la comparaison des faits eux-mêmes est nettement posée : car les classifications et les symboles sont des instruments relatifs et conventionnels dont l'esprit humain se sert pour concevoir les choses.

Sur le diagnose des alcools. — Voici une autre communication de M. Berthelot faite aussi dans cette séance :

Parmi les conséquences que l'on peut tirer de nos recherches sur la formation des éthers, il en est une que je crois utile de signaler, car elle permet de fixer l'équivalent d'un alcool et de déterminer, dans une certaine mesure, le degré de son atomicité.

Nous avons montré en effet que les divers alcools s'unissent aux acides suivant des proportions à peu près fixes et qui dépendent principalement des équivalents. Si l'on fait réagir, par

exemple, équivalents égaux d'un alcool et d'un acide, la proportion limite d'acide neutralisé sera comprise en général entre 65 et 70 centièmes du poids total de l'acide. Ce résultat s'applique également aux alcools monoatomiques et polyatomiques. Réciproquement, s'il s'agit de déterminer l'équivalent d'un alcool, il suffira de faire réagir sur un équivalent d'acide divers poids de cet alcool, et de chercher quel est celui qui donne lieu à une neutralisation d'acide comprise entre 65 et 70 centièmes. Ce poids représentera l'équivalent de l'alcool, ou un nombre très-voisin de cet équivalent. Cette méthode n'est pas destinée à déterminer avec une précision absolue la valeur numérique d'un équivalent, mais elle permettra de décider aisément entre deux formules dont l'une serait, par exemple, double de l'autre, et telles que la dernière conduirait à déclarer l'alcool monoatomique, tandis que la première exprime qu'il est diatomique. Citons quelques exemples s'appliquant à des cas connus et qui ne laissent aucune incertitude :

L'analyse du glycol conduit à la formule $C^2H^3O^2$: il s'agit de savoir si cette formule est la véritable ou bien si elle doit être doublée : $C^4H^6O^4$. Nous prendrons un équivalent d'acide acétique = 60
et un poids de glycol exprimé par la formule la plus élevée 62
Et nous chauffons le tout vers 150° jusqu'à ce que la limite de saturation soit atteinte. Si 62 parties de glycol expriment l'équivalent, nous devons trouver que 65 à 70 centièmes de l'acide (c'est-à-dire 40 à 42 parties sur 60 = 1 équivalent) ont été saturées. Au contraire, si 62 parties de glycol expriment deux équivalents, le poids d'acide saturé sera voisin de 80 centièmes.

L'expérience indique 68,8 centièmes
(c'est-à-dire 41,3 sur 60 = 1 équivalent).
Soit encore l'érythrite. L'analyse conduit à la formule brute $C^4H^5O^4$: il s'agit de décider entre cette formule, la
formule double $C^8H^{10}O^8$
et la formule triple $C^{12}H^{15}O^{12}$

Prenons l'équivalent d'acide acétique = 60
et un poids d'érythrite représenté par
la seconde formule par exemple.... = 122

Quand la limite est atteinte nous trouvons que la proportion

d'acide neutralisée, s'élève aux 69 centièmes de son poids : ce nombre indique que la formule $C^8H^{10}O^8$ exprime 1 équivalent d'érythrite. Si nous avons fait agir sur 60 parties d'acide le poids d'alcool correspondant à $C^4H^5O^4$=61 parties, nous aurions trouvé la proportion d'acide neutralisée beaucoup plus faible. Au contraire, si nous avions pris le poids correspondant à $C^{12}H^{15}O^{12}$ = 183 parties, nous aurions trouvé une saturation plus forte et voisine de 75 centièmes. Ce genre d'épreuves s'applique en général aux alcools, pourvu qu'ils ne soient pas susceptibles de présenter des phénomènes spéciaux de déshydratation ou d'hydratation qui troublent l'équilibre. C'est malheureusement ce qui arrive avec la plupart des principes sucrés. La mannite, $C^{12}H^{14}O^{12}$, se change en mannitane, $C^{12}H^{12}O^{10}$, et la glucose, $C^{12}H^{12}O^{12}$, en glucosane, $C^{12}H^{10}O^{10}$, lors de leur combinaison avec les acides. Réciproquement la mannitane et la glucosane, dès qu'elles sont en présence de l'eau, tendent à repasser à l'état de mannite et de glucose. De là des phénomènes spéciaux qui changent les conditions normales de l'équilibre. Mais en dehors de cette exception qui s'explique d'elle-même, la méthode que je signale ici fournit un contrôle pour l'équivalent des alcools et ce contrôle est d'autant plus net qu'il est tiré de leur fonction fondamentale.

Méthodes nouvelles pour apprécier la pureté des alcools et des éthers. — M. Berthelot a encore communiqué à la Société, dans la même séance du 25 avril, la note que voici :

On sait que lorsque les alcools et les éthers ont été purifiés avec soin par distillation et dessiccation, on manque jusqu'ici dans la plupart des cas de moyen de contrôle. — En voici quelques-uns qui résultent de nos recherches :

1° Je rappellerai, pour mémoire, qu'un éther composé, s'il est pur, doit pouvoir être décomposé par un alcali, en saturant un poids équivalent de cet alcali.

Ceci permet, comme je l'ai établi il y a près de dix ans, de ramener l'analyse des éthers et des composés analogues à un essai alcalimétrique, fondé sur l'emploi d'une solution titrée de baryte;

2° L'emploi de la même liqueur permet de reconnaître et de doser la présence de quantités même très-petites d'éthers composés dans un alcool ou dans un éther simple (1). Il suffit d'enfermer dans un matras 10 centièmes d'une solution titrée de

(1) Pourvu que ces corps ne soient pas altérables par les alcalis.

baryte et un poids connu du corps que l'on veut éprouver. On chauffe pendant une centaine d'heures à 100°. Si l'alcool est pur, comme il arrive d'ordinaire avec l'alcool ordinaire, le titre de la baryte ne change pas. On trouve, au contraire, que l'alcool amylique renferme presque toujours une petite quantité d'éthers composés. Il en est de même de l'éther ordinaire, même après digestion sur un lait de chaux.

Le glycol préparé par les méthodes ordinaires et rectifié à point fixe se montre ainsi particulièrement impur. J'y ai manifesté jusqu'à 22 pour cent d'acide acétique combiné, ce qui répond à 40 pour cent de glycol monoacétique. C'est un fait qui a dû donner lieu à plus d'une erreur et dont il est bon de prévenir les chimistes qui s'occupent de cette curieuse substance. Pour reconnaître la présence d'un éther neutre dans un alcool, sans le doser, il suffit de chauffer cet alcool avec deux fois son volume d'éther à 150° pendant vingt heures. L'éther neutre se change en grande partie en acide.

3° La présence d'un acide libre dans un alcool ou dans un éther est trop faible à déceler par la baryte pour s'y arrêter. Les éthers formiques, par exemple, sont toujours acides ; mais, par exception, leur décomposition est trop prompte pour permettre de doser exactement l'acide libre. — Les autres éthers se prêtent au contraire à des dosages précis de l'acide libre qu'ils peuvent renfermer.

4° La présence d'une petite quantité d'eau dans un éther neutre peut être reconnue en chauffant cet éther à 150° pendant vingt ou trente heures : l'eau décompose une quantité presque équivalente d'éther en acide et alcool. On dose alors l'acide par la solution titrée de baryte. En soumettant à cette épreuve l'éther acétique, purifié avec grand soin par les méthodes ordinaires, on voit qu'il retient opiniâtrément un centième d'eau qu'il est fort difficile de lui enlever.

5° La présence d'une petite quantité d'eau dans un alcool peut être également accusée en mêlant cet alcool avec un éther composé rigoureusement anhydre et éprouvé comme ci-dessus.

On chauffe alors vers 150° pendant vingt ou trente heures. Si l'alcool est anhydre, le mélange ne doit pas devenir acide.

6° La présence d'une petite quantité d'alcool dans un éther neutre et anhydre, dans l'éther acétique, par exemple, peut être décelée en chauffant cet éther avec un poids connu d'acide acé-

tique pur. Pour peu que cet éther renferme d'alcool le titre de l'acide diminuera.

—M. Leclert, correspondant de la Société, a aussi adressé la communication suivante :

Sommation des séries dont les termes sont tous de même signe et satisfont à la condition :

$$1 - \lim \frac{u_{n+1}}{u_n} \geqq 0.$$

Des séries ainsi définies, les unes peuvent être *convergentes*, les autres peuvent être *divergentes*.

Je pose :

$$u'_n = \left[1 - \frac{v_n - v_{n+1} \dfrac{u_{n+1}}{u_n}}{\lim \left(v_n - v_{n+1} \dfrac{u_{n+1}}{u_n} \right)} \right] u_n ;$$

$$u''_n = \left[1 - \frac{v'_n - v'_{n+1} \dfrac{u'_{n+1}}{u'_n}}{\lim \left(v'_n - v'_{n+1} \dfrac{u'_{n+1}}{u'_n} \right)} \right] u'_n ;$$

. . . . . .

. . . . . .

$$u^i_n = \left[1 - \frac{\left(v^{i-1}_n - v^{i-1}_{n+1} \dfrac{u^{i-1}_{n+1}}{u^{i-1}_n} \right)}{\lim v^{i-1}_n - v^{n+1}_{i-1} \dfrac{u^{i-1}_{n+1}}{u^{i-1}_n}} \right] u^{i-1}_n ;$$

$$u^{i+1}_n = [1 - \cdots\cdots] u^i_n ;$$

. . . . . .

. . . . . .

et enfin :

$$\varphi_n = \frac{v_n u_n}{lim\left(v_n - v_{n-1}\frac{u_{n+1}}{u_n}\right)} + \frac{v'_n u'_n}{lim\left(v'_n - v'_{n+1}\frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right)} +$$

$$\cdots\cdots + \frac{v^{i-1}_n u^{i-1}_n}{lim\left(v^{i-1}_n - v^{i-1}_{n+1}\frac{u^{i-1}_{n+1}}{u^{i-1}_n}\right)}.$$

v_n représente la première des expressions 1, n, $n\mathrm{L}n$,..... qui ne rendra pas nulle la quantité : $lim\left(v_n - v_{n+1}\frac{u_{n-1}}{u_n}\right)$ [*Traité des Séries,* théorème XIV]. Mes formules supposent en outre que l'on aura :

$$lim\left(v_n - v_{n+1}\frac{u_{n+1}}{u_n}\right) = \textit{quantité finie.}$$

Ceci posé, je m'appuie sur les deux propositions suivantes :

1° Si l'on suppose la série proposée *divergente*, en évaluant successivement u'_n, u''_n, u'''_n....., on finira par trouver une expression u^i_n, satisfaisant à la condition :

$$lim\left(v^i_n - v^i_{n+1}\frac{u^i_{n+1}}{u_n}\right) > 0,$$

et par suite, cette expression u^i_n et les suivantes u^{i+1}_n, u^{i+2}_n,..... seront les *termes généraux* d'autant de séries *convergentes.*

2° La somme algébrique φ_n est de signe contraire à S_{n-1}, et l'on aura :

$$lim\,(S_{n-1} + \varphi_n) = \textit{quantité finie.}$$

Ces deux théorèmes m'ont conduit au système de formules :

$lim\,(S_{n-1} + \varphi_n)$ est compris :

$$(1)\begin{cases} 1^\circ \text{ entre } S_{n-1}+\varphi_n+\dfrac{v_n^i\,u_n^i}{lim\left(v_n^i-v_{n+1}^i\dfrac{u_{n+1}^i}{u_n^i}\right)}, \\ \quad\text{et } S_{n-1}+\varphi_n+\dfrac{v_n^i\,u_n^i}{v_n^i-v_{n+1}^i\dfrac{u_{n+1}^i}{u_n^i}}; \\ 2^\circ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

S_{n-1} est compris :

$$(2)\begin{cases} 1^\circ \text{ entre } lim\,(S_{n-1}+\varphi_n)-\varphi_n-\dfrac{v_n^i\,u_n^i}{lim\left(v_n^i-v_{n+1}^i\dfrac{u_{n+1}^i}{u_n^i}\right)}, \\ \quad\text{et } lim\,(S_{n-1}+\varphi_n)-\varphi_n-\dfrac{v_n^i\,u_n^i}{v_n^i-v_{n+1}^i\dfrac{u_{n+1}^i}{u_n^i}}; \\ 2^\circ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \quad\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

Dans ces formules, $lim\,(S_{n-1}+\varphi_n)$ représente une valeur particulière $f\,(a)$ d'une certaine fonction (connue ou inconnue) $f\,(x)$, qu'il est permis de supposer développée en une série générale qui deviendrait la série proposée $u_1+u_2+u_3+\cdots\cdots$ par l'hypothèse $x=a$.

Soit, pour exemple, la série $1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\cdots\cdots+\frac{1}{n}+\cdots\cdots$

On est conduit ici à prendre $i=1$, et à faire $v_n=n\mathrm{L}n$, $v'_n=n$. On trouve en effet :

$$lim\left(1-\frac{n}{n+1}\right)=0,\ lim\left[n-(n+1)\frac{n}{n+1}\right]=0;$$

puis :

$$lim\left[n\mathrm{L}n-(n+1)\mathrm{L}(n+1)\frac{n}{n+1}\right]=-lim\,\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n=-1.$$

On trouve ensuite :

$$u'_n=\frac{1}{n}\left[1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n\right];$$

puis :

$$\frac{u'_{n+1}}{u'_n}=\frac{n}{n-1}\cdot\frac{1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n+1}\right)^{n+1}}{1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n};\ lim\left(1-\frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right)=0;$$

mais

$$lim\left[n-(n+1)\frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right]=lim\,n\times\frac{\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n+1}\right)^{n+1}-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n}{1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n}=+1;$$

d'où il suit que :

$$u'_n=\frac{1}{n}\left[1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n\right]$$

est le *terme général* d'une série *convergente*.

On trouve d'ailleurs :

$$\varphi_n=\frac{n\mathrm{L}n\,u_n}{lim\left[nln-(n+1)\,\mathrm{L}(n+1)\frac{u_{n+1}}{u_n}\right]}=-\mathrm{L}n;$$

puis :

$$\frac{n\,u'_n}{lim\left[n-(n+1)\frac{u'_{n+1}}{u'_n}\right]}=1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n;$$

$$\frac{n\,u'_n}{n-(n+1)\frac{u'_{n+1}}{u'_n}}=\left[1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n\right]\times\frac{1-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n}{n\left[\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n+1}\right)^{n+1}-\mathrm{L}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n\right]}.$$

Avec toutes ces données, les formules (1) deviennent :

$$lim\ (S_{n-1} + \varphi_n) \text{ est compris :}$$

1° entre :

$$S_{n-1} - Ln + 1 - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n,$$

et

$$S_{n-1} - Ln + \left[1 - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right] \times \frac{1 - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n}{n\left[L\left(1 + \frac{1}{n+1}\right)^{n+1} - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right]}.$$

Pour $n = 20$, il vient :

$$lim\ (S_{n-1} + \varphi_n) \text{ est compris :}$$

$$\text{entre } S_{19} - L20 + 1 - L20\ (21 - L20),$$

et

$$S_{19} - L20 + [1 - 20\ (L21 - L20)] \times \frac{1 - 20\ (L21 - L20)}{20(21L22 + 20L20 - 41L21)};$$

$$\text{entre} + 0.58240\ldots$$
$$\text{et} + 0.58419\ldots$$

$$\text{d'où } \left(\text{à } \frac{1}{200} \text{ près}\right);\ lim\ (S_{n-1} + \varphi_n) = + 0.58\ldots$$

Appliquant maintenant les formules (2), on trouve :

$$S_{n-1} \text{ est compris :}$$

$$1° \text{ entre } 0.58 + Ln - \left[1 - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right],$$

$$\text{et } 0.58 + Ln - \left[1 - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right] \times \frac{1 - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n}{n\left[L\left(1 + \frac{1}{n+1}\right)^{n+1} - L\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n\right]}.$$

Soit $n = 1001$; il vient :

$$S_{1000} \text{ est compris :}$$

$$\text{entre } 0.58 + L1001 - [1 - 1001\ (L1002 - L1001],$$

$$\text{et } 0.58 + L1001 - \frac{[1 - 1001\ (L1002 - L1001)]^2}{1001\,[1002\ (L1003 - L1002) - 1001\ (L1002 - L1001)]};$$

entre 7.48825 et 7.48842; d'où $S_{1000} = 7.48$.

Soit, pour dernier exemple, la série : $1 + 2 + 3 + \cdots + n + \cdots$

On trouve successivement : $\frac{u_{n+1}}{u_n} = \frac{n+1}{n}$;

$$lim\left(1 - \frac{n+1}{n}\right) = 0;\ lim\left[n - (n+1)\frac{n+1}{n}\right] = -lim\,\frac{2n+1}{n} = -2;$$

$$u'_n = \left(1 - \frac{2n+1}{2n}\right)n = -\frac{1}{2}\ \text{(constante)};\ \frac{u_{n+1}}{u'_n} = 1\ \text{(constante)};$$

$$1 - \frac{u'_{n+1}}{u'_n} = 0\ \text{(constante)};\ n - (n+1)\frac{u'_{n+1}}{u'_n} = -1\ \text{(constante)};$$

$$u''_n = (1-1)u'_n = (1-1) \times -\frac{1}{2} = 0,\ u'''_n = 0,\ u''''_n = 0,\ \text{etc., etc.}$$

On trouve ensuite :

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{v_n\, u_n}{lim\left(v_n - v_{n+1}\dfrac{u_{n+1}}{u_n}\right)} = -\dfrac{n^2}{2} \\[2ex] \dfrac{v'_n\, u'_n}{lim\left(v'_n - v'_{n+1}\dfrac{u'_{n+1}}{u'_n}\right)} = \dfrac{n}{2} \end{array}\right\}\ \text{d'où}\ \varphi_n = -\frac{n}{2}(n-1)$$

$$\frac{v''_n\, u''_n}{lim\left(v''_n - v''_{n+1}\dfrac{u''_{n+1}}{u''_n}\right)} = 0$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots = 0$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots = 0$$

Il suit de tous ces résultats : que la formule (1) 1° se réduit à l'égalité :

$$lim\,(S_{n-1} + \varphi_n) = S_{n-1} - \frac{n(n-1)}{2}$$

Cette égalité ayant lieu pour toute valeur de n, je fais $n = 1$, et elle donne :

$$lim\ (S_{n-1} + \varphi_n) = S_0 - \frac{1\ (1-1)}{2} = 0.$$

On a donc :

$$0 = S_{n-1} - \frac{n\,(n-1)}{2}$$

d'où

$$S_{n-1} = \frac{n\,(n-1)}{2}\text{; et } S_n = \frac{n\,(n+1)}{2}.$$

Séance du 2 mai 1863.

OPTIQUE CHIMIQUE. — Voici une nouvelle note de M. Jules Regnauld *sur quelques phénomènes consécutifs au mélange des dissolutions salines*, faisant suite à celle présentée à la Société, le 14 février dernier.

L'auteur a étendu les essais dont il a récemment entretenu la Société à plusieurs solutions salines différentes de celles dont il s'était occupé. La liste de ces nouvelles expériences comprend les cas suivants :

Solutions aqueuses ramenées au même indice de réfraction.

Acétate de potasse.....	+ Sulfate de cuivre.
id.	+ Chlorure de cuivre.
id.	+ Sulfate de zinc.
Acétate de chaux.....	+ Chlorure de zinc.
id.	+ Nitrate de zinc.
Succinate de potasse.....	+ Sulfate de nickel.
id.	+ Chlorure de manganèse.
Succinate d'ammoniaque....	+ Sulfate de cadmium.
id.	+ Chlorure de manganèse.
Lactate de potasse.....	+ Nitrate de cuivre.
id.	+ Sulfate ferreux.
Hyposulfite de soude.....	+ Sulfate de zinc.
id.	+ Chlorure de zinc.

Dans tous ces cas où les sels mis en présence ont été choisis de telle sorte que la différence des affinités entre les bases et les acides conduit à supposer au moment du mélange une rupture de l'équilibre primitif entre les éléments de chacun des groupes, il y a eu constamment un décroissement de l'indice de réfraction. Inversement, lors du mélange des sels résultant d'une combinaison des bases énergiques avec les acides

puissants et de l'association des bases et des acides faibles, on a constaté un faible accroissement de l'indice. En un mot, les faits rapportés antérieurement ont été confirmés dans des cas plus nombreux et plus variés.

Outre ces résultats complémentaires, l'auteur est arrivé, par les expériences qui suivent, à mettre en évidence quelques phénomènes relatifs aux changements permanents de densité qui accompagnent ces mélanges.

Les expériences résumées dans le tableau ci-joint ont porté sur des solutions de plusieurs sels qui, ramenées au même indice, puis mélangées volume à volume, avaient manifesté, celles notées A, un décroissement de l'indice, celles notées B, un accroissement.

L'obligation de ramener les liquides à une réfraction identique a forcé à régler la concentration de chacune des dissolutions sur celle du moins soluble des deux sels, dont l'eau a été saturée à une température de + 15°.

Les densités d, d', de chacune des dissolutions étant déterminées à + 15°, on a calculé la densité moyenne $\frac{d+d'}{2}$ d'une solution mixte à volumes égaux, en supposant qu'il n'y a ni contraction, ni dilatation. La densité réelle du mélange d'' a été prise en opérant dans les mêmes conditions sur le mélange ramené à + 15°.

Les valeurs D, D', $\frac{D+D'}{2}$ et D'' ont été obtenues de la même façon pour les sels de la série B.

	Solutions salines ramenées au même indice.	Densités à + 15°.	Densités calculées.	Densités réelles à + 15°.
	—	—	—	—
A	Acétate de soude...	$d = 1{,}12210$	$\frac{d+d'}{2} = 1{,}15692$	$d'' = 1{,}15000$
	Sulfate de zinc.....	$d' = 1{,}19174$		
A'	Hyposulfite de soude.	$d = 1{,}21029$	$\frac{d+d'}{2} = 1{,}24674$	$d'' = 1{,}23487$
	Sulfate de zinc.....	$d' = 1{,}31965$		
A''	Acétate de potasse..	$d = 1{,}12217$	$\frac{d+d'}{2} = 1{,}12131$	$d'' = 1{,}11256$
	Chlorure de cuivre..	$d' = 1{,}12045$		
B	Acétate de zinc.....	$D = 1{,}05134$	$\frac{D+D'}{2} = 1{,}06135$	$D'' = 1{,}06241$
	Sulfate de soude....	$D' = 1{,}07137$		
B'	Acétate de cuivre...	$D = 1{,}03958$	$\frac{D+D'}{2} = 1{,}04311$	$D'' = 1{,}04392$
	Chlorure de potassium	$D' = 1{,}04664$		

On voit en jetant un coup d'œil sur ce tableau que les solutions A, A′ A″, qui ont été indiquées précédemment comme donnant un décroissement notable de l'indice offrent toutes le phénomène d'un accroissement permanent de volume ou d'une diminution de la densité par le fait du mélange. Les différences entre la densité réelle et la densité calculée sont inscrites dans le tableau suivant :

	Solutions mixtes.	Densité calculée à + 15°.	Densité réelle à + 15°.	Différences.
A	Acétate de soude... + Sulfate de zinc.	1,15692	1,15000	— 0,00692
A′	Hyposulfite de soude. + Sulfate de zinc.	1,24674	1,23487	— 0,01187
A″	Acétate de potasse. + Chlorure de cuivre.....	1,12131	1,11256	— 0,00875
B	Acétate de zinc..... + Sulfate de soude.....	1,06135	1,06241	— 0,00106
B′	Acétate de cuivre.... + Chlorure de potassium.....	1,04311	1,04392	— 0,00081

L'inspection des mêmes tableaux fait voir également que dans les mélanges B,B′ pour lesquels un accroissement de l'indice moyen a été observé, la densité réelle du mélange est plus grande que la densité moyenne des dissolutions salines qui le constituent.

Ces modifications permanentes du volume des dissolutions salines marchant dans le sens même des phénomènes optiques jouent certainement le principal rôle dans les variations de l'indice. La mesure directe des indices exécutée sur des solutions chimiquement équivalentes et de densités connues montrera si elles en sont l'unique cause.

Le problème de l'augmentation de volume dans les cas spécifiés plus haut mérite dans tous les cas d'être étudié, car il ne peut pas être interprété simplement dans l'hypothèse d'une satisfaction plus complète des affinités qui se traduit généralement par une contraction.

L'auteur communiquera bientôt des expériences qui le portent dès à présent à penser que la dilatation des dissolutions salines mixtes peut être considérée comme le symptôme de la formation de nouveaux sels ayant pour l'eau une affinité inférieure à celle des composés primitifs.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — La note suivante de M. Arthur Gris a été communiquée aussi dans la même séance.

« Lorsqu'on place une graine à périsperme farineux dans des conditions propres à déterminer sa germination, les tissus du jeune embryon sont de très-bonne heure le siége d'une abondante formation de fécule. Cette fécule provient-elle du périsperme ? La matière amylacée contenue dans les cellules périspermiques passe-t-elle immédiatement sous une forme quelconque dans les tissus de l'embryon et s'y dépose-t-elle sous forme de globules ? Ou bien cette production se fait-elle de toutes pièces dans l'intérieur du germe ? Est-elle complétement indépendante du périsperme ?

» La première hypothèse paraît avoir pour elle de très-grandes probabilités et a été soutenue dernièrement par un physiologiste allemand, M. Sachs. Selon lui, l'amidon qui apparaît de très-bonne heure dans les tissus du germe provient du périsperme et résulte de la transformation du sucre qui a passé de ce périsperme dans le germe. La deuxième hypothèse semble au premier abord moins vraisemblable.

» Ne pourrait-on point s'assurer par expérience de la valeur réelle de ces deux hypothèses. Il suffirait pour cela d'isoler l'embryon d'une graine à périsperme farineux et d'en obtenir un commencement de germination. Mais il n'est point aisé de se mettre dans les conditions propres à assurer le succès de l'expérience et à légitimer les résultats. En effet, il est difficile d'isoler les embryons sans les léser, auquel cas leur germination serait incertaine, et d'autre part il importe que des fragments du tissu périspermique ne demeurent point adhérents à la surface de l'embryon, auquel cas l'expérience ne serait pas rigoureuse.

» Après quelques essais malheureux, il m'a semblé que les graines de *Canna* étaient parfaitement propres à me conduire au but désiré. En effet, au centre d'un périsperme volumineux, dur, gorgé de fécule, ces graines offrent une cavité dans laquelle l'embryon est libre d'adhérence avec le tissu périspermique. En brisant les graines avec quelque précaution on peut facilement en isoler les germes parfaitement intacts.

» Je plaçai ces germes dans les lacunes d'une éponge fine légèrement mouillée et j'exposai le tout à l'influence d'une douce chaleur. J'obtins de cette manière un commencement de germination; mais avant d'exposer ce qu'il me fut permis de constater, je dois indiquer en quelques mots quel est le contenu des tissus du germe avant la germination.

» Le parenchyme cotylédonaire (particulièrement gorgé de granules aleutiques) ou bien renferme une certaine quantité d'amidon, ou n'en présente que quelques traces, ou quelquefois en est sensiblement dépourvu. Ces différences dans le contenu des cellules parenchymateuses du cotylédon semblent indiquer des degrés de développement divers, comme si l'évolution des embryons se prolongeait dans certaines circonstances au delà du terme d'une maturation suffisante.

» Au contraire l'amidon est toujours indistinct dans les petites racines adventives très-jeunes encore incluses au sein du corps radiculaire et dans les jeunes feuilles de la gemmule. Toutes ces parties sont beaucoup moins âgées que le limbe cotylédonaire.

» Que s'est-il passé maintenant dans les tissus parenchymateux du cotylédon, des racines accessoires, des jeunes feuilles, lorsque le germe, isolé comme je l'ai dit plus haut, a été plongé pendant vingt-quatre heures, par exemple, dans une atmosphère chaude et humide ?

» *On trouve toujours dans toutes ces parties un abondant dépôt d'amidon.* Or, ces parties ne contenaient qu'une quantité minime de matière amylacée ou même n'en présentaient pas de traces sensibles sous les réactifs iodés.

» Je crois pouvoir tirer de l'expérience très-simple et très-décisive dont je viens de rendre compte les conclusions suivantes :

» *L'amidon qui se développe dans les tissus des germes accompagnés d'un périsperme farineux* (Canna), *pendant les premières phases de la germination, ne provient pas de ce périsperme. Il résulte de la transformation des matières préalablement déposées dans l'intérieur des germes avant la germination.* »

Séance du 16 mai 1863.

OPTIQUE CHIMIQUE. *Sur les radiations chimiques.* — M. Mascart a communiqué la note suivante :

« J'ai annoncé l'année dernière que les métaux alcalins émettent des raies chimiques, et j'ai décrit la méthode qui m'avait servi à les obtenir. Elle consiste à volatiliser les sels dans le dard du chalumeau à gaz d'éclairage et d'oxygène, et à recevoir sur une couche impressionnable les rayons qui, émanés de

cette source, ont traversé une fente étroite, un prisme réfringent et un système de lentilles. Cette méthode a des avantages sur l'emploi de l'étincelle électrique; elle n'exige pas que l'on possède les corps à l'état métallique, et elle est complétement à l'abri de l'influence du milieu ambiant. Je n'ai jamais obtenu d'action chimique avec le dard du chalumeau seul, et les épreuves ne présentent pas de raies communes.

» J'avais employé d'abord un prisme de flint et l'objectif d'une chambre photographique ; mais, comme il résulte des travaux de M. Stokes que le quartz est la substance qui absorbe le moins les rayons les plus réfrangibles, j'ai repris ces expériences en me servant d'un prisme et d'une lentille de quartz, disposés de manière que les rayons les traversent à peu près dans la direction de l'axe optique, afin de n'obtenir qu'un seul spectre. L'impression des images est plus rapide; les spectres s'allongent et peuvent couvrir une surface à peu près égale à celle du spectre lumineux tout entier; j'ai pu aussi mettre en évidence un grand nombre de raies qui m'avaient d'abord échappé.

» C'est presque toujours à l'état de chlorure que les métaux ont été employés, parce que ce sont en général les sels les plus volatils; j'ai constaté cependant que l'acide d'un sel n'influe pas en général sur la nature du spectre, et n'a d'autre effet que de ralentir l'action, quand il ne la supprime pas tout à fait. Ainsi l'azotate et le chlorure de thallium, très-volatils tous deux, m'ont donné identiquement les mêmes résultats. Comme il est impossible, sans le secours de planches, de décrire tous ces spectres, je me bornerai à indiquer quelques résultats.

» Je n'avais obtenu d'abord avec le chlorure de potassium qu'une empreinte continue sur laquelle se dessinait seulement la raie bleue visible. J'ai prolongé ce spectre plus loin et trouvé deux nouvelles raies très-écartées dans la région invisible.

» Le chlorure de rubidium offre un spectre de même forme que le précédent, mais avec un peu plus de raies. On sait combien il y a de ressemblances dans l'aspect général des spectres lumineux de ces deux métaux; la même analogie se poursuit dans les radiations chimiques.

» Le spectre chimique du chlorure de sodium, qui m'avait aussi semblé continu, présente des raies bien distinctes, peu nombreuses, et dont l'une surtout, qui est très-intense, possède une des réfrangibilités les plus considérables que je connaisse. MM. Wolf et Diacon ont fait voir que le sodium, à une

température très-élevée, n'est pas monochromatique, et présente notamment six raies brillantes. Avec un appareil à quatre prismes, j'ai pu dédoubler toutes ces raies, et, autant qu'on en peut juger à l'œil, la distance des deux raies élémentaires qui constituent chacun de ces groupes m'a paru à peu près la même que dans la double raie D. Le même caractère paraît appartenir aux raies chimiques. S'il y a une loi qui préside à cette répétition d'un même phénomène dans les diverses régions du spectre, et, en général, qui relie les radiations différentes émises par une même source, on ne peut la trouver que par la connaissance des longueurs d'ondulation; je suis occupé à les déterminer, mais j'ai encore trop peu de résultats pour pouvoir en parler.

» Les sels de strontiane possèdent, outre les raies généralement connues, un groupe assez complexe de raies vertes et un spectre chimique très-étendu dans lequel on distingue une douzaine de raies.

» Le spectre chimique du calcium n'est pas seulement formé par la raie bleue qui a une action énergique, mais aussi par sept ou huit raies plus réfrangibles, également distantes, et dont l'intensité varie d'une manière continue.

» Le baryum présente dans le bleu et le violet plusieurs raies chimiques que j'avais déjà observées; il a de plus un petit groupement de raies qui se reproduit au moins dix fois à des distances égales, et avec une intensité décroissante, dans toute l'étendue du spectre chimique.

» L'acide borique a une série de raies chimiques très-régulières.

» J'ai pu obtenir avec le chlorure de magnésium, et même la magnésie, des raies lumineuses bien visibles; on y distingue surtout le groupe qui correspond aux raies *b* de Frauenhofer, mais j'ai trouvé un peu plus loin, entre *b* et F, une dizaine de raies très-voisines, qui n'ont pas été indiquées dans le spectre solaire de M. Kirchhoff. Dans le spectre chimique du même sel, on observe entre autres trois raies dont l'action est très-énergique.

» Enfin, le thallium possède deux raies chimiques remarquables, dont l'une surtout, placée un peu au delà du spectre lumineux, a une intensité tout à fait de même ordre que la belle raie verte qui a servi à la découverte de ce métal. »

Séance du 30 mai 1863.

ANATOMIE COMPARÉE. *Mouvements de l'avant-bras chez les Oiseaux.*—M. Alix a fait, dans cette séance, la communication suivante :

« Les mouvements de l'avant-bras chez les Oiseaux ont été appréciés d'une manière générale par les auteurs qui ont étudié cette question ; mais le sujet est loin d'être épuisé; on peut encore, l'examinant dans ses détails, trouver quelques faits intéressants.

Ainsi, pour les relations du radius avec le cubitus, le radius de l'Oiseau ne tourne pas autour du cubitus comme celui de l'Homme. Par conséquent, les mouvements de pronation et de supination exécutés par le radius n'existent pas chez l'Oiseau. Cependant, il faut bien se garder de croire que le radius et le cubitus de ces animaux soient *invariablement* liés l'un à l'autre. Le radius exécute sur le cubitus *un mouvement suivant sa longueur* (mouvement d'*élongation*). Lorsque la main s'étend, le radius marche vers l'humérus; lorsque la main se fléchit, le radius marche vers la main. L'étendue de ce déplacement, variable suivant les espèces, peut être, chez un Coq, de 4 à 5 millimètres.

Outre le mouvement d'élongation, il y a un léger mouvement de *latéralité*, car la tête du radius est appliquée sur une facette du cubitus qui forme un plan incliné du coude vers la main et de dehors en dedans ; lorsque la main s'étend, le radius occupe la partie la plus externe de cette facette ; lorsque la main se fléchit, il occupe la partie la plus interne de la facette. A ce mouvement de l'extrémité humérale du radius correspond un léger mouvement, en sens inverse, de son extrémité carpienne.

Pour les relations de l'humérus avec les os de l'avant-bras, on a signalé : 1° la forme de la facette humérale, plus particulièrement articulée avec le cubitus, forme arrondie, presque hémisphérique, rappelant celle d'un véritable condyle; 2° la forme allongée de la facette humérale destinée au radius, facette sur laquelle, ainsi que le dit Cuvier, le radius ne peut exécuter aucun mouvement de rotation; 3° l'existence, à l'extrémité humérale du cubitus, de deux facettes articulaires, l'une interne, en forme de cupule, appliquée à l'éminence articulaire interne, en

forme de condyle, de l'humérus; l'autre externe, plus évasée, en rapport avec la facette radiale de l'humérus. A ces notions, il faut ajouter que la facette articulaire externe du cubitus est, ainsi que nous l'avons dit plus haut, dans un rapport variable avec le radius, en sorte que, si, dans la flexion, elle se trouve directement en contact avec la partie postérieure de l'éminence articulaire externe de l'humérus, dont elle n'est que partiellement séparée par un ligament interarticulaire, dans l'extension, au contraire, elle n'est en rapport qu'avec la tête radiale qui vient alors s'insinuer entre elle et l'humérus. — Il faut ajouter aussi que l'éminence articulaire externe de l'humérus est toujours dirigée de bas en haut et de dehors en dedans, disposition exagérée chez les manchots où les deux éminences articulaires, ainsi que l'a signalé Cuvier, sont représentées par deux tubercules placés l'un au-dessus de l'autre.

Il reste en outre à déduire les conséquences qui résultent de ces dispositions. Or, il est évident, d'une part, que, si le cubitus est en contact avec un condyle, c'est qu'il peut tourner sur son axe; d'un autre côté, si la tête radiale marche de dehors en dedans en s'appliquant à l'éminence articulaire externe de l'humérus, elle doit nécessairement tourner autour de l'axe du cubitus; mais, comme le cubitus est lié au radius, il est nécessaire que le cubitus lui-même tourne autour de son axe. Par conséquent il existe, chez les Oiseaux, une *pronation cubitale* et *une supination cubitale*; mais ces deux mouvements sont liés, le premier à la flexion et le second à l'extension de l'avant-bras. L'utilité de ces deux mouvements consiste à écarter, dans la flexion, les pennes de l'avant-bras de celles de la main; et à placer, au contraire, dans l'extension, toutes ces pennes sur une courbe régulière et continue.

On peut se demander quelle est la position du radius par rapport au cubitus. Au premier abord, il semble assez raisonnable de dire que le radius est en demi-pronation. On est porté vers cet avis si l'on considère que le radius ne croise pas le cubitus, que l'axe transversal de l'espace interosseux est situé dans un plan à peu près normal à la face antérieure de l'humérus, et, en outre, que l'insertion radiale du muscle biceps est placée dans l'espace interosseux comme le serait chez l'Homme la tubérosité bicipitale dans la demi-pronation. Mais la position de la tête du radius en avant du cubitus, et non sur le côté de cet os, vient compliquer la question et rend plus difficile de la juger.

Meckel a très bien décrit les ligaments de l'articulation huméro-cubitale. Cependant il paraît avoir considéré la capsule articulaire comme un sac isolé tandis que cette capsule *se continue sur les tendons voisins de l'articulation*, et forme autant de diverticulums qui accompagnent ces tendons à quelque distance. De plus, il n'a pas attaché assez d'importance au ligament antérieur de l'articulation. Voici, en effet, une disposition très-curieuse : Un faisceau assez fort, inséré à la partie inférieure de l'humérus, entre les deux éminences articulaires, s'épanouit en éventail, envoyant des fibres vers le radius et vers le cubitus ; mais sa partie moyenne, bien distincte, au lieu de se terminer sur un des deux os, vient se fixer sur une corde ligamenteuse transversale qui naît de la partie la plus interne de la face antérieure du cubitus, glisse sur cette face sans y adhérer, traverse comme un pont l'espace interosseux et se termine sur le col du radius. Il est intéressant de voir ce faisceau moyen du ligament antérieur se fixer sur le ligament transversal comme le faisceau moyen du ligament latéral externe vient se fixer, chez l'Homme, sur le ligament annulaire. Il est d'ailleurs difficile de dire si le ligament annulaire de l'Homme est représenté chez les Oiseaux. Doit-on le chercher dans le ligament transversal que nous venons de décrire, ou bien dans ce ligament cubito-radial externe supérieur qui s'insinue comme un ménisque entre la facette articulaire cubitale externe et l'humérus ? Il serait peut-être audacieux de décider cette question.

Les Oiseaux n'offrent pas, à proprement parler, de ligament interosseux. Le seul vestige que l'on en trouve consiste dans une bride fibreuse que Meckel se contente de désigner comme *un fort ligament transverse situé entre les deux faces qui se regardent*. D'après cette description de Meckel, on est prêt à se figurer quelque chose d'analogue au ligament interosseux de l'articulation péronéo-tibiale inférieure. Mais il n'en est pas ainsi : le ligament part du côté dorsal du cubitus, passe entre les deux os sans leur adhérer, et vient se fixer au côté palmaire du radius. C'est donc un ligament *cubito-radial interosseux dorso-palmaire*. Sa disposition est en rapport avec les deux mouvements d'élongation et de latéralité du radius.

Le mouvement d'élongation du radius produit un résultat facile à mettre en évidence par l'expérience suivante. Après avoir amputé l'aile dans l'articulation scapulo-humérale, on dépouille l'humérus et on coupe tous les liens qui s'étendent entre

cet os et la main, en sorte qu'il n'ait plus de connexion qu'avec le radius et le cubitus. Si alors on imprime à la main de l'Oiseau un mouvement de flexion, on voit l'humérus se fléchir sur l'avant-bras; si, au contraire, on étend la main, on voit s'étendre l'humérus. Ce phénomène est facile à expliquer : car, au moment où l'on fléchit la main, le radius s'éloigne de l'humérus, et le ligament antérieur de l'articulation huméro-cubitale se tend; en même temps, le cubitus presse contre le condyle, et, sous l'influence de ces deux actions, l'humérus éprouve un mouvement de bascule en avant. Dans l'extension, au contraire, ce sont les ligaments postérieurs qui sont tendus, tandis que le radius vient presser l'humérus, et le mouvement inverse a lieu. On conçoit facilement que si l'humérus était fixé, ce serait l'avant-bras qui se fléchirait ou s'étendrait sur le bras. Ainsi indépendamment de toutes les autres dispositions de l'aile, il suffit du seul arrangement des os pour que la flexion ou l'extension de la main sur l'avant-bras coïncide toujours avec la flexion et l'extension de l'avant-bras sur le bras, tant il y a de précision dans le jeu de cette machine admirable. »

Séance du 6 juin 1863.

ANATOMIE COMPARÉE. *Appareil locomoteur des Oiseaux.* — M. Alix a fait dans cette séance les deux communications suivantes :

« 1° La direction des mouvements de la main sur l'avant-bras dépend tout particulièrement de l'os cubital du carpe. Il est vrai que l'os métacarpien prend son point d'appui sur l'os radio-carpien par une tête volumineuse ; mais pendant que cette éminence roule sur la cavité qui la reçoit, le mouvement se trouve à chaque instant modifié par celui de l'os cubito-carpien. Cet os a donc besoin d'être décrit. Cuvier a cru suffisamment le caractériser en le nommant *os en forme de chevron ;* Meckel s'est contenté de dire qu'il était triangulaire, ce qui n'est pas toujours vrai : une partie considérable de l'os cubital du carpe est constituée par une apophyse sur laquelle s'insère comme sur un pisiforme le tendon du cubital antérieur. Le reste est enfoncé comme un coin mobile entre le cubitus et le métacarpe. Les deux os du carpe ne se touchent pas. Mais un ligament inter-

osseux les unit; l'insertion de ce ligament sépare la facette articulaire cubitale de la facette métacarpienne. Ces deux facettes, obliquement dirigées, sont beaucoup moins étendues que les surfaces sur lesquelles elles glissent. L'os cubito-carpien offre en outre une face dorsale et une face palmaire.

Voilà ce qui peut être dit de plus général sur cet os dont la forme et le volume varient beaucoup.

L'extrémité carpienne du cubitus présente une face articulaire dont la direction varie de telle sorte qu'elle est en partie terminale et en partie palmaire. Dans l'extension de la main, l'os cubital du carpe est appliqué à la portion terminale de cette surface, en sorte que sa face dorsale regarde à peu près dans le même sens que la face dorsale de l'avant-bras; dans la flexion, au contraire, l'os cubital s'incline comme la facette du cubitus sur laquelle il glisse de haut en bas.

L'os métacarpien présente pour cette articulation une facette qui se prolonge sur son bord cubital, et qui entre en contact avec l'os cubito-carpien, dans l'extension par sa partie supérieure, et dans la flexion par sa partie inférieure; de telle sorte que les mouvements du métacarpe restent toujours liés à ceux de l'os cubito-carpien.

Il résulte nécessairement de ces dispositions que, dans l'extension, la main se trouve à peu près dans le même plan que l'avant-bras, tandis que, dans la flexion, elle se place dans un plan qui croise le précédent. Ce mouvement se combine avec celui qui fait tourner le cubitus sur son axe, de telle sorte que, pendant la flexion, les pennes de la main s'écartent de celles de l'avant-bras comme deux branches de compas mobiles toutes les deux à la fois.

2° On observe que les tendons des fléchisseurs profonds des orteils envoient des expansions élastiques à la tête de la phalange qui précède leur insertion. Une disposition analogue existe à la main. Le tendon du muscle homologue au fléchisseur profond envoie une expansion élastique à la tête de l'avant-dernière phalange. Ce petit fait offre quelque intérêt au point de vue de l'anatomie philosophique. Car le muscle change de fonction, il devient extenseur; et, tout en changeant de fonction, il ne perd pas son caractère; il conserve son expansion élastique. D'un autre côté, le muscle qui répond à l'extenseur change aussi de fonction, il devient fléchisseur, et, néanmoins, n'acquiert pas d'expansion élastique. »

ZOOLOGIE. — La note suivante contient les résultats d'expériences sur l'infection des Moutons par le *Tænia cœnurus*, faites par MM. Alph. Milne-Edwards et Léon Vaillant.

« M. Kuchenmeister ayant envoyé, il y a quelques mois, des fragments de *Tænia cœnurus* à M. Milne-Edwards, nous avons institué quelques expériences sur l'infection des Moutons par les embryons de cet animal, expériences dont nous pouvons aujourd'hui présenter le résultat à la Société.

C'est au mois de février dernier que M. Milne-Edwards reçut les strobiles de *Tænia cœnurus*. Ils étaient dans de l'albumine d'œuf; mais le col du flacon ayant été brisé pendant le voyage, une partie du liquide s'échappa, et ce qui restait était dans un état de putréfaction très-avancé lorsque le 21 février nous l'administrâmes à deux Agneaux d'environ trois mois, qu'on avait mis au muséum à notre disposition. L'examen d'une portion de l'albumine dans laquelle se trouvaient les Tænias ne nous montra aucun embryon, mais seulement de ces corpuscules calcaires qu'on rencontre dans le corps des Vers cestoïdes. Observés pendant plus de deux mois (21 février — 30 avril), les deux Agneaux, établis dans un des parcs de la ménagerie ne présentèrent aucun phénomène anormal. Ils mangeaient avec appétit et engraissèrent d'une manière notable.

Il nous parut hors de doute que l'expérience était complétement négative, ce qui pouvait provenir de l'état d'altération dans lequel se trouvaient les Tænias au moment où on les avait fait prendre et aussi de leur âge; ils n'étaient pas encore assez avancés, suivant les renseignements qui nous avaient été transmis par M. Kuchenmeister.

Ce savant, à la fin du mois d'avril, fit un second envoi de Tænias qui, cette fois, parvinrent en beaucoup meilleur état, et d'ailleurs, d'après ce qu'il écrivait à M. Milne-Edwards, étaient d'un âge plus convenable que les précédents pour produire l'infection. Nous fîmes prendre ces Helminthes aux deux mêmes Agneaux le 30 avril. L'un d'eux, le n° 1, prit une portion de l'albumine dans laquelle étaient contenus les Vers. Le second Agneau, le n° 2, ne prit guère que ces derniers; le bocal s'étant brisé pendant l'opération le contenu s'était répandu par terre. Examinés avec soin, ces Tænias nous ont paru en parfait état de conservation; les anneaux mûrs étaient remplis d'œufs. L'albumine cependant exhalait une odeur putride. Pendant les jours

suivants, les Agneaux ne présentèrent aucun phénomène anormal; leur appétit, leur gaieté étaient conservés.

Le 8 mai on fit tuer l'Agneau n° 2. Nous avions pour but de constater le point où en était l'expérience, et en second lieu de voir si la première infection avait réellement échoué, la lettre de M. Kuchenmeister qui accompagnait le second envoi, disant que M. Roll, professeur à l'école vétérinaire de Vienne, avait obtenu des résultats affirmatifs avec les premiers Tænias.

L'autopsie faite le 10 mai ne nous fait rien reconnaître d'anormal. Le foie est grisâtre, non ramolli; la substance corticale des reins se déchire facilement; le cœur et les poumons sont parfaitement sains. Les membranes du cerveau non plus que cet organe ne sont pas injectés; il faut remarquer que la mort avait été produite par hémorragie résultant de la section des gros vaisseaux du cou. L'encéphale examiné avec le plus grand soin sur des sections très-multipliées ne présente absolument aucune altération.

L'Agneau n° 1 continua de se porter fort bien jusqu'au 14 mai. Le 15 seulement se présentèrent quelques phénomènes cérébraux. Il se tenait dans sa cabane paraissant peu disposé à se mouvoir, bien qu'il fût dérangé à chaque instant par l'entrée ou la sortie d'un Bouquetin placé dans le même parc. Le lendemain 16, 17e jour de l'infection, l'Agneau mourut après avoir présenté, suivant le rapport du gardien, des phénomènes nerveux convulsifs et un écoulement sero-sanguinolent par le nez.

L'autopsie est faite le 10 au matin. Le foie, la rate, les intestins ne sont pas altérés, la substance corticale des reins est molle et friable comme dans l'Agneau n° 2 précédemment examiné. Dans la poitrine on rencontre un épanchement sanguinolent, fluide, abondant, dans les plèvres et le péricarde; ces séreuses paraissent cependant saines, sauf le péricarde qui serait peut-être épaissi, mais la présence du thymus empêche de pouvoir bien constater ce fait. Les poumons sont fortement engoués, non crépitants, sauf sur une très-petite partie du poumon gauche, un fragment jeté dans l'eau ne surnage pas; cependant ils ont conservé leur élasticité et ne se déchirent pas comme dans la véritable hépatisation; cela rappelle l'altération qui suit la section des pneumogastriques. Dans le médiastin antérieur se trouve un *Cysticercus tenuicollis*. Les membranes du cerveau sont fortement injectées. Celui-ci est ramolli, il présente à sa

surface ces sillons jaunâtres décrits déjà par MM. Van Beneden et P. Gervais, sur lesquels M. Baillet a particulièrement insisté, et qu'on regarde comme produits par le passage des embryons. Il y en a une trentaine sur la surface convexe; à la partie inférieure on n'en compte que trois; sur l'un des tubercules quadrijumeaux, celui de droite, on en observe deux; enfin, à la partie antérieure du ventricule latéral droit se voit un amas purulent de la grosseur d'un pois; il en existe deux semblables dans le plexus choroïde du même côté. Les sillons larges de 1^{mm} environ, varient en longueur de 4^{mm} à 12^{mm}. Ils sont isolables des parties voisines, paraissent situés dans l'épaisseur de la pie-mère et suivent souvent le trajet des vaisseaux; à l'une de leurs extrémités se trouve un corps arrondi ou ovoïde de $0^{mm},7$ à $1^{mm},2$ sur $0^{mm},5$, homogène, granuleux, élastique, sans membrane externe apparente, mais cependant nettement limité.

Ce corps représente sans nul doute l'embryon des Tænias simplement accru, encore à l'état de *proscolex*. Le reste du tube est rempli d'une matière purulente, concrète, riche en Leucocytes. On ne trouve que cette dernière dans les amas du plexus choroïde et du ventricule.

De cette expérience, simplement confirmative des faits si bien élucidés par M. Kuchenmeister et M. Baillet, il nous semble que l'on peut conclure à l'infection de ce Mouton. Cependant les Cænures ne paraissent dans ce cas avoir produit la mort que secondairement en quelque sorte par la méningite que leur trop grande abondance avait causée, les embryons que nous avons observés dans les sillons n'ayant pu, vu leur petit volume, amener aucun phénomène de compression directe.

M. Kuchenmeister ayant envoyé, suivant son mode d'expérimentation habituel, les mêmes Tænias à différents observateurs, il sera curieux de contrôler les résultats les uns par les autres, ce qui nous a engagé à donner cette observation avec des détails aussi circonstanciés que possible. »

Séance du 13 juin 1863.

PALÉONTOLOGIE. *Brachiopodes.* — La note suivante sur la distribution des Brachiopodes aux divers niveaux de la série jurassique a été communiquée dans cette séance par M. Eugène Deslongchamps.

« Presque toutes les familles composant l'ordre de Brachiopodes offrent des représentants durant la période jurassique; ce sont les *Térébratulidées*, les *Thécidéidées*, les *Spiriféridées*, les *Rhynchonellidées* et les *Strophoménidées* parmi les Brachiopodes ARTICULÉS, et parmi les INARTICULÉS les *Craniadées*, les *Discinidées* et les *Lingulidées*; mais la distribntion de ces familles aux divers niveaux est loin de s'être effectuée suivant une loi uniforme.

En effet, depuis les premiers moments où l'action vitale s'est manifestée, dès le dépôts du terrain silurien, on a vu paraître des *Lingules*, des *Crânies* et des *Discines* ou *Orbicules*. Ces trois grands types d'organisation ont vééu ensuite jusqu'à nos jours en traversant toute la série des étages géologiques, sans subir de modifications bien appréciables ni dans leur forme, ni dans le nombre des espèces.

Il n'en est plus de même des Brachiopodes articulés. En effet, l'une des familles, les *Productidées* a déjà disparu avec le dépôt du trias; les *Spiriféridées* et les *Strophoménidées* s'éteignent au milieu de la série jurassique. D'un autre côté, les *Térébratulidées* et les *Rhynchonellidées*, peu répandues durant les dépôts paléozoïques et triasiques, prennent une grande extension dans les couches liasiques et oolitiques, diminuent ensuite de nombre pendant la période crétacée et n'offrent plus que très-peu de représentants dans les terrains tertiaires et à l'époque actuelle. Quant à la famille des *Thécidéidées*, elle commence à paraître dans le lias au moment où les *Strophoménidées* et les *Spiriféridées* ne vont plus faire partie de la série animale. Une petite espèce, la *Thecidea mediterranea*, existe encore de nos jours.

Comme on le voit d'après ces quelques mots, ce sont les Térébratulidées et les Rhynchonellidées qu'ont peut considérer comme Brachiopodes jurassiques par excellence; et en effet, ce qui s'applique à une de ces familles s'applique exactement à l'autre, et en donnant la distribution géologique du genre Térébratule nous indiquerons par cela même celle du genre Rhynchonelle.

Durant la période de l'infrà-lias (4e étage du lias de M. d'Archiac), les Térébratules soni très-rares, au moins en France (1).

(1) Elles sont au contraire très-abondaetes, au moins en individus, dans les couches correspondantes des Alpes bavaroises et tyroliennes (couches de Kœssen et de Hierlatz).

Elles sont encore peu abondantes dans les couches où la gryphée arquée se montre en si grand nombre, c'est-à-dire dans le lias inférieur. Avec la *Gryphea Cymbium* paraissent au contraire une quantité considérable d'espèces et de variétés très-bien caractérisées; c'est le plus beau temps du genre Térébratule, il y règne en maître; les autres familles participent à cette exubérpnce vitale, puis le tout s'éteint. Deux familles (les *Spiriférídées* et les *Strophoménidées*) disparaissent pour toujours, et, bien plus, dans les couches qui suivent immédiatement, c'est-à-dire dans les marnes ou schistes bitumineux du lias supérieur, je n'ai pu jusqu'ici rencontrer un seul Brachiopode articulé.

Il y a donc une véritable extinction.

Dans les couches suivantes, celles où dominent les *Ammonites bifrons*, *radians*, etc., une toute petite espèce bien chétive apparaît seule; c'est la *Terebratula Lycetti*. Avec les *Ammonites primordialis* et *Murchisonæ*, les espèces commencent à devenir plus nombreuses; enfin la période de l'oolite inférieure proprement dite commence, les Térébratules pullulent de nouveau, de très-belles espèces, parmi lesquelles dominent les Biplissées, prennent un grand accroissement; c'est une seconde période d'éclat pour ce genre. Cet éclat se soutient dans la grande oolite; toutefois si les individus sont nombreux, en revanche, les espèces diminuent, et nous arrivons ainsi jusqu'à la période oxfordienne.

Une nouvelle phase apparaît alors.

La série oxfordienne inférieure ou callovienne s'annonce par une profusion incroyable d'individus; les espèces se mêlent, jouent entre elle, prennent à tel point des formes spéciales pour chaque localité qu'on ne peut presque plus rien y reconnaître; il n'y a plus, pour ainsi dire, de fixite dans les caractères spécifiques. Peu à peu, les Térébratules deviennent rares, et on n'en voit plus vers le haut de la série oxfordienne.

A ce moment on voit se produire une dernière recrudescence vitale. La période du coralrag nous offre de nouveau une belle série de types particuliers, d'espèces si l'on veut; mais bientôt cette activité s'épuise, et l'immense série kimméridgienne et portlandienne ne nous offre plus que quelques rares représentants du genre Térébratule, qui quatre fois, ainsi que nous venons de le voir, s'est vu renouveler durant la période jurassique.

J'ai mis à dessein le mot de *type* pour celui d'*espèce*. En effet.

lorsqu'on n'a devant les yeux qu'une série limitée d'individus de chaque étage, il n'y a pas de difficulté, les espèces paraissent bien tranchées; mais si, au contraire, on étudie de très-nombreuses séries, les différences se fondent, et on voit toutes ces prétendues espèces passer les unes aux autres par des degrés insensibles. Je ne serais donc pas éloigné d'admettre que chaque espèce ne se soit modifiée bien des fois sous l'influence du *temps*, des *croisements féconds*, des changements *successifs* du *fond* ou du *niveau des mers* entraînant nécessairement avec chaque modification de *nouvelles conditions vitales*. Aussi ce qu'on entend habituellement par espèce dans le langage paléontologique ne me paraît pas être d'une rigoureuse exactitude; on comprend, en effet, combien il nous manque de données pour la résolution d'un pareil problème, puisque nous ne pouvons baser notre jugement que sur la forme des coquilles; l'étude des animaux, des couleurs, de l'observation rigoureuse de leur généalogie étant pour notre jugement autant de lettres mortes.

Lorsqu'on a tant de peine à classer rigoureusement les espèces qui vivent maintenant autour de nous, lorsque l'étude de plus en plus approfondie nous mène à ce doute affligeant : l'espèce existe-t-elle en réalité dans la nature? on conçoit qu'il y ait témérité à affirmer résolûment l'espèce en paléontologie. Je sais que beaucoup n'hésitent pas à trancher le nœud gordien et à dire intrépidement : Ceci est telle espèce, cela est telle autre. Quant à moi, je ne puis admettre que l'espèce soit une chose fixe, naissant et mourant à jour fixe, au gré de la paléontologie. Je crois que la nature a des lois bien plus profondes, dont nous ne connaissons pas tous les secrets. L'homme pourra approcher peu à peu et laborieusement de la vérité; mais pourra-t-il jamais se l'assimiler tout entière? Ne serait-ce pas vouloir comprendre l'infini. »

MÉCANIQUE. — M. de Saint-Venant a fait aussi à la Société, dans la séance du 13 juin, la communication suivante sur les flexions et les torsions que peuvent éprouver les tiges courbes sans qu'il y ait aucun changement dans la première ni dans la seconde courbure de leur axe ou fibre moyenne.

Que l'on ploie un arc de cercle élastique de manière à lui faire prendre une courbure justement égale et opposée à celle qu'il avait, en sorte que ses fibres les plus courtes deviennent les plus longues et réciproquement, et que, dans cet état, on

l'amène, par une demi-révolution, de sa situation nouvelle à sa situation ancienne dans l'espace. Il aura éprouvé et éprouvera encore une *flexion* contre laquelle réagit l'élasticité de sa matière. Et cependant son *axe* ou sa fibre moyenne se trouve finalement à la même place et a partout la même courbure que primitivement.

Et on peut même opérer cette flexion sans que l'axe change de place, en faisant tourner simultanément sur elles-mêmes et dans le même sens, ses sections des extrémités, et en contenant les sections intermédiaires entre des arrêts qui les empêchent de s'écarter sans les empêcher de tourner.

Donc la flexion ne tient pas uniquement au changement des rayons de courbure ou des angles de contingence d'un fil ou d'une tige élastique. Une flexion considérable peut être imprimée sans que ces angles ou ces rayons changent aucunement de grandeur.

De même, la torsion ne tient pas uniquement au changement de la *cambrure* ou seconde courbure, ou des angles que les plans osculateurs font entre eux; car on peut tordre une tige à double courbure en fixant une de ses sections extrêmes, faisant tourner l'autre sur elle-même et contenant ou assujettissant les sections intermédiaires de manière à les empêcher de s'écarter latéralement sans les empêcher de tourner, comme on le voit dans l'appareil mis sous les yeux de la Société par l'auteur de la communication.

Cette flexion et cette torsion non accompagnée de changement des courbures tient à ce que la polarité des sections transversales a changé par rapport aux rayons de courbure ou aux plans osculateurs de l'axe, ou à ce que ces rayons ont tourné sur les plans des sections correspondantes. Pour avoir donc la grandeur de la flexion, c'est-à-dire *du rapport*, constant pour chaque section, *des dilatations des fibres à leurs distances de la ligne des fibres invariables*, et pour avoir la grandeur de la torsion, c'est-à-dire *de la quantité angulaire dont deux sections voisines ont tourné l'une devant l'autre divisée par leur distance*, il faut absolument tenir compte d'un élément nouveau, ou qui l'était quand on en a parlé en 1843 (1), à savoir *la rotation*

(1) Comptes rendus, 30 octobre, t. XVII, p. 952; et aussi, 1er et 15 juillet 1844, t. XIX, p. 40.

ou le déplacement angulaire du rayon de courbure sur chaque section.

En appelant ε ce déplacement angulaire, évalué en arc d'un rayon $= 1$, ρ_0 et r_0 les grandeurs primitives des rayons de la première et de la seconde courbure, et ds l'élément de l'axe courbe, la torsion n'est pas $\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0}$ comme l'ont pensé divers auteurs, mais $\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} + \frac{d\varepsilon}{ds}$.

Et la flexion n'est pas $\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0}$, mais

$$\sqrt{\frac{1}{\rho^2} - \frac{2\cos\varepsilon}{\rho\rho_0} + \frac{1}{\rho_0^2}}.$$

Elle s'élève jusqu'à la grandeur $\frac{1}{\rho} + \frac{1}{\rho_0}$ quand l'angle ε de rotation du rayon de courbure atteint deux angles droits, comme il arrivait dans l'exemple du commencement de cette note. Quand $\rho = \rho_0$ ou quand la courbure n'a pas changé, la flexion n'est pas nulle, mais est égale à

$$\frac{1}{\rho_0}\sqrt{2 - 2\cos\varepsilon} = \frac{2}{\rho_0}\sin\frac{1}{2}\varepsilon;$$

elle est ainsi $\frac{1}{\rho_0}\sqrt{2}$ quand la rotation ε du rayon de courbure a été d'un angle droit, comme par exemple lorsque ce rayon, dirigé d'abord suivant une des deux diagonales d'une section carrée, vient à coincider avec l'autre diagonale.

Lagrange a donné, de la courbe élastique à double courbure, des équations différentielles incomplètes parce qu'il ne considérait que le changement de grandeur des angles de contingence. Poisson, à la suite de considérations présentées par M. Binet, y a ajouté des termes pour le changement des angles que forment entre eux les plans osculateurs. Mais il faut y ajouter d'autres termes où entre l'angle ε de rotation des rayons de courbure sur les sections ; et, outre les moments des forces autour de la tangente à la courbe d'axe et autour des perpendiculaires à ses plans osculateurs, que Poisson a fait entrer dans ses calculs, il faut tenir compte du *troisième moment composant*, que Poisson a omis, et qui tend à faire tourner autour d'une

droite perpendiculaire à ces deux-ci, c'est-à-dire autour du *rayon de courbure*. Son théorême « que le moment de torsion est constant d'un bout à l'autre » n'est vrai que dans des cas particuliers.

L'angle ε doit en tous cas être pris en considération pour poser les conditions qui doivent s'observer en certains points particuliers de la tige courbe dans les divers problêmes.

Paléontologie.—M. Alph. Milne Edwards a présenté quelques observations sur les Oiseaux fossiles des terrains miocènes de la Limagne et du Bourbonnais. Elles sont résumées dans la note que voici :

Les Oiseaux fossiles des bassins tertiaires moyens d'Auvergne et du Bourbonnais ont été signalés déjà depuis fort longtemps. En 1812, Faujas de Saint-Fond avait eu entre les mains des ossements d'Oiseaux trouvés à Gannat. En 1825, Cuvier en avait reçu quelques-uns trouvés à Chatpuzat (Allier). La princesse Adélaïde d'Orléans en fit envoyer divers fragments à Et. Geoffroy Saint-Hilaire. Ils provenaient également de Chatpuzat. Depuis cette époque, de nombreux collectionneurs ont exploré ces terrains. L'abbé Croizet, Bravard, M. Feignoux de Cusset, M. Pomel, M. Poirrier, M. Jourdan, doyen de la Faculté des sciences de Lyon, ont recueilli des œufs et de nombreux ossements se rapportant à la classe qui nous occupe. Mais ils n'ont pas cherché à déterminer à quelles espèces ni même à quels genres ces débris pouvaient se rapporter.

Ainsi, dans son catalogue des Vertébrés fossiles du bassin supérieur de la Loire, M. Pomel, en parlant des Oiseaux, s'exprime en ces termes : « Nous ne les citons que pour mémoire, parce que leur détermination est encore à faire et que nous n'avons ni le temps ni les matériaux nécessaires pour tenter un travail aussi difficile. » M. P. Gervais, qui étudia quelques-uns de ces Oiseaux, en fit connaître deux espèces : un Flamant, le *Phœnicopterus Croizeti* et un Aigle ou Pandion.

Le *Phœnicopterus Croizeti* (Gerv.) a été trouvé par l'abbé Croizet dans les calcaires d'eau douce du plateau de Gergovie, auprès de Clermont-Ferrand. La détermination de cette espèce a été faite sur une tête presque complète qui, effectivement, reproduit les caractères de ce genre singulier. J'ai pu examiner dans les galeries du Muséum, dans la collection de M. Poirrier, ainsi que dans la mienne, différents os qui évidemment se rapportent à cette espèce. — Si on compare l'oiseau fossile au Fla-

mant vivant, on trouve que le bec du premier est notablement plus arqué en bas, et que, proportionnellement au crâne, il est plus grêle et plus long ; que la mandibule inférieure est moins épaisse, et enfin que la mandibule supérieure est un peu plus élargie dans la surface plane de son extrémité. Les os que j'ai pu étudier se rapprochent également beaucoup de ceux du *Phœnicopterus ruber*, et ils n'en diffèrent que par quelques légères particularités de formes et de proportions. L'espèce fossile paraît en effet avoir été un peu plus petite et plus grêle que l'espèce vivante.

L'Aquila ou Pandion n'est connue que par un seul os métatarsien découvert par l'abbé Croizet à Chatpuzat (Allier). D'après les recherches de M. Gervais, ses proportions le rapprocheraient de celui des Balbuzards, des Aigles et des Pygargues. Autant que j'ai pu en juger par la comparaison de ce fossile avec les types aujourd'hui vivants, l'Aigle de Chatpuzat en est bien spécifiquement distinct. Aussi je crois que l'on peut sans hésitation lui donner le nom du savant paléontologiste de Montpellier qui, le premier, a fait connaître ses véritables affinités, et l'appeler *Aquila Gervaisii*.

J'ai pu réunir, de mon côté, un grand nombre d'ossements d'Oiseau, des mêmes terrains. MM. Lartel et Poirrier ont généreusement mis à ma disposition les pièces qu'ils avaient recueillies eux-mêmes, et, à l'aide de ces matériaux, il m'a été possible de distinguer un certain nombre d'espèces complétement nouvelles, dont quelques-unes, entre autres, ont un grand intérêt zoologique en ce qu'elles se rapportent à un type aujourd'hui disparu. Je compte, dans un prochain mémoire, étudier à fond les caractères ostéologiques sur lesquels je me suis fondé pour arriver à cette détermination. Aujourd'hui, je demande à la Société la permission de lui présenter un court résumé de mes recherches sur ce sujet.

Les différentes espèces pour lesquelles j'établis le genre *Palœlodus* (de παλαιος ancien, et ελωδης habitant les marais) paraissent avoir été très-abondantes à l'époque miocène. On en rencontre de nombreux débris dans les divers bassins tertiaires moyens d'Auvergne et des environs de Mayence. Je n'ai retrouvé aucun type vivant qui puisse être comparé à ce nouveau genre, et il doit venir se ranger à côté du petit groupe naturel des *Phenicopteridæ* qui, aujourd'hui, ne compte plus pour représentants que les Flamants. Il offre cependant certaines

ressemblances avec les autres Echassiers longirostres; il s'en rapproche en effet jusqu'à un certain point par la conformation des pattes, mais, d'une autre part, la disposition des phalanges, des os de l'aile, des Coracoïdiens, etc., tend à le faire ranger à côté des Phénicoptères. Le sternum tient à la fois de l'un et de l'autre de ces groupes. La forme extrêmement comprimée du canon l'éloigne de *tous les Echassiers vivants*; elle ne se retrouve à un aussi haut degré que chez les Palmipèdes plongeurs, tels que les *Colymbus* et les *Podiceps*, ce qui tend à faire penser que les Palælodus devaient former parmi les Echassiers un palmipède nageur.

M. P. Gervais, qui avait eu entre les mains un certain nombre d'os de l'espèce la plus commune de ce genre, le *Palælodus ambiguus*, dont il a figuré un os metatarsien (*Zool. et Paléont.*, *fr.*, pl. 51, fig. 9), avait reconnu que ce fossile ne pouvait se ranger dans aucun des genres actuels. Après l'avoir comparé aux Flamants, aux Hérons, aux Courlis, aux Poules d'eau, aux Vanneaux, aux Avocettes et aux Pluviers, il conclut que cet examen ne pouvait le conduire à aucun résultat certain sur la place qui convenait réellement à l'oiseau de la Limagne, et, ajoute-t-il, « ses affinités avec l'Avocette subsistent, mais en « tenant compte des réserves établies ci-dessus. »

J'ai été à même d'étudier le squelette entier de l'un de ces Oiseaux, et c'est ainsi que j'ai pu arriver à cette conclusion que rien dans la nature actuelle ne pouvait lui être comparé et qu'il devait prendre place à côté du groupe des Phénicoptères.

L'espèce la plus commune à laquelle je propose de donner le nom de *Palælodus ambiguus*, pour indiquer son caractère de transition, devait être, à peu de chose près, de la taille du Héron cendré ou de la Spatule blanche, avec des formes plus élancées et plus légères que cette dernière.

Le *Palælodus crassipes*, dont j'ai eu entre les mains divers os des pattes et des ailes, était d'un cinquième environ plus grand et surtout plus fort; l'os de la patte est moins comprimé, les poulies articulaires beaucoup plus robustes.

Au contraire, le *Palælodus gracilipes*, plus petit que le *P. ambiguus*, est plus grêle de formes. Sa patte, très-comprimée latéralement, ressemble, par cette particularité, à celle des Plongeons, dont elle s'écarte d'ailleurs par tous ses autres caractères.

Ces deux dernières espèces sont beaucoup plus rares que le *P. ambiguus.*

J'ai vu dans la collection de M. Poirrier un bec isolé de forte dimension que, dans sa notice paléontologique sur le département de l'Allier, cet observateur avait rapporté à un Oiseau voisin des Cigognes et des Hérons; je croirais plutôt que ce fragment provient d'un Échassier voisin des Tantales. En effet, la forme arrondie du bec, sa courbure, dans le sens de sa longueur, le rapprochent de ce dernier genre.

Je ne pense pas qu'on puisse le rapporter au *Palœlodus* si nombreux dans ces localités et dont la tête n'est pas encore connue, car un pareil bec entraînerait naturellement comme conséquence des vertèbres cervicales robustes, et celles des diverses espèces du genre *Palœlodus* sont, au contraire, grêles et allongées, et se rapprochent jusqu'à un certain point de celles des Phénicoptères, ce qui tend à faire croire que la tête qu'elles supportaient était de petite dimension.

Séance du 4 juillet 1863.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. *Expériences sur le rôle du cerveau dans l'ingestion des aliments chez les Insectes, et sur les fonctions du ganglion frontal.* — Sous ce titre, M. Ernest Faivre a communiqué la note que voici :

« Chez les Insectes, et en particulier chez le Dytique qui a fait l'objet de nos recherches expérimentales, le pharynx, l'œsophage, les estomacs sont animés par les filets du nerf stomato-gastrique. Ce nerf spécial naît d'un renflement volumineux, le ganglion frontal, à l'aide duquel il est mis en communication avec le cerveau; deux connectifs établissent cette communication; il suffit de les couper sur l'insecte vivant, pour produire un désordre qui nous a permis de comprendre le rôle complexe que jouent, dans l'ingestion des aliments, le cerveau et le ganglion frontal.

Rappelons, avant d'analyser les résultats expérimentaux, que le bol alimentaire, saisi par les pièces buccales de l'Insecte, est soumis à un rôle de mastication, puis dégluti par les contractions successives du sphincter pharyngien et des fibres muscu-

laires de l'œsophage; qu'enfin il est entraîné ainsi jusque dans le jabot où il séjourne un moment.

Cette succession d'actes est interrompue après la section des deux connectifs; la préhension et la mastication s'exécutent, mais la déglutition cesse de s'accomplir; l'Insecte, après des efforts inouïs, rejette ou conserve dans la cavité buccale l'aliment qu'on lui présente.

Si on examine alors le pharynx, on constate que son muscle constricteur est paralysé, bien qu'il reçoive ses nerfs du ganglion frontal demeuré intact; l'irritation directe de ce ganglion est impuissante à déterminer dans le sphincter des contractions énergiques lorsque les connectifs sont coupés, tandis qu'à l'état normal ces contractions étaient spontanées, énergiques et fréquentes. De cette expérience, il faut nécessairement conclure que le ganglion n'anime le sphincter que sous l'influence du cerveau, et que cette même influence préside à l'harmonie entre la mastication et la déglutition.

Si, dans les conditions précédentes, on pousse le bol alimentaire jusque dans l'œsophage, en suppléant ainsi à la déglutition pharyngienne, on reconnaît que l'œsophage a cessé de se contracter et de pousser l'aliment dans le jabot; or, cette action n'a cessé qu'à la suite de la section des connectifs qui lient au cerveau le nerf stomato-gastrique.

Lorsqu'à l'état normal, on provoque la déglutition chez un Insecte, dont on a mis à nu les estomacs, on détermine immédiatement dans le jabot, le gésier, mais surtout le cardia, une série de mouvements spasmodiques et continus.

Cet effet cesse d'avoir lieu à la suite de la section des connectifs; on ne constate plus de rapports entre la déglutition et les mouvements des estomacs; il s'ensuit donc qu'à l'état ordinaire ces rapports étaient établis par le cerveau, agissant comme centre reflexe, tandis que le ganglion frontal jouait seulement le rôle de conducteur.

Le rôle du cerveau, comme centre de mouvements directs et de mouvements reflexes, le rôle secondaire du ganglion frontal, comme conducteur des impressions, nous semblent mis en évidence par les expériences suivantes :

Chez un Dytique non opéré, nous irritons le stomato-gastrique en arrière du ganglion; aussitôt le sphincter du pharynx entre en contraction; nous coupons alors les connectifs, et nous

reproduisons la même irritation ; le sphincter ne se contracte plus.

Chez un Insecte sain, on coupe le stomato-gastrique au niveau du jabot ; on détermine en très peu de temps un accroissement notable de la déglutition, et le jabot est bientôt distendu par des gaz.

Au contraire, la tympanite ne survient jamais, si on opère la section du stomato-gastrique chez un Insecte dont les connectifs fronto-cérébraux ont été coupés ; les impressions sont donc transmises du jabot au cerveau, et celui-ci détermine les mouvements de mastication et de déglutition. On en peut avoir la preuve directe si on comprime le jabot distendu par les gaz ; on détermine alors des mouvements très-actifs de mastication et de déglutition.

La section d'un seul connectif n'abolit pas immédiatement les mouvements du sphincter pharyngien. L'action du cerveau, comme centre reflexe, est encore évidente dans ce cas.

Ajoutons enfin, pour démontrer plus nettement encore le rôle du cerveau dans l'ingestion des aliments, que la piqûre de ce centre nerveux, au niveau de l'origine des connectifs, détermine des mouvements dans la bouche, dans le pharynx et dans les estomacs.

Des expériences qui viennent d'être rapportées, nous pouvons déjà tirer, sur le rôle du ganglion frontal, les indications suivantes :

Le ganglion frontal, en dehors des excitations directes ou indirectes, ne détermine pas de contractions dans le sphincter pharyngien lorsqu'il est soustrait à l'action du cerveau.

Il ne paraît pas doué, dans les mêmes circonstances, du pouvoir de provoquer des mouvements par actions reflexes.

Il agit comme agent de transmission, comme conducteur des impressions, à la manière des nerfs ordinaires.

La seule propriété que nous ayons constatée dans le ganglion frontal est de provoquer des mouvements, sous l'influence d'excitations directes, après la section des connectifs.

L'expérience suivante met clairement en lumière cette propriété :

On coupe les connectifs, et on excite le frontal après avoir mis à nu les estomacs ; l'excitation produit deux effets : elle provoque dans le jabot, le gésier, le cardia, des mouvements plus énergiques et continus.

Si elle est longtemps prolongée, dans des conditions que nous déterminerons ultérieurement, elle amène la diminution, puis l'arrêt momentané des mouvements du cardia; le cardia est alors en diastole, comme le cœur arrêté par une galvanisation énergique du nerf pneumo-gastrique chez les animaux supérieurs.

Le ganglion conserve ces propriétés plus d'une heure après sa séparation du cerveau, mais seulement sous l'influence des irritations directes.

En définitive, le ganglion frontal paraît jouer chez les Insectes le rôle d'un nerf de renforcement. »

ZOOLOGIE. — M. Eugène Deslongchamps a présenté la note suivante sur les genres *Trochotoma* et *Ditremaria* :

« La plupart des genres de la famille des *Haliotidées* ont leur coquille percée d'un ou de plusieurs trous de forme variable suivant les genres, *Trochotoma*, *Cirrhus*, *Polytremaria*, *Haliotis*, etc., ou bien la bouche présente une simple fente plus ou moins allongée, ex. *Scissurella*, *Pleurotomaria*, *Murchisonia*. Ces trous ou fentes sont destinés à donner passage à un nombre égal de tentacules à la base desquels se voient les organes de la respiration qui consistent en deux branchies en forme de plume.

L'animal, en grandissant, bouche ces trous en arrière et en même temps en ouvre de nouveaux en avant, de sorte qu'il y en a toujours un même nombre en exercice. Le caractère des trous et entailles est donc en relation directe avec les organes respiratoires, aussi chacune de leurs modifications a donné lieu à autant de genres très naturels.

Le genre *Trochotoma* avait été créé par mon père en 1847 pour un certain nombre de coquilles fossiles ressemblant par la forme extérieure à des Pleurotomaires surbaissés; ils en différaient spécialement en ce que la fente se fermait en avant; c'était donc une sorte d'*Haliotide* avec un seul trou respiratoire, ou mieux un Pleurotomaire à entaille fermée.

A un certain moment de sa vie, l'animal, pour agrandir sa coquille, bouche cette entaille et en produit une nouvelle; mais cette oblitération ne se fait pas brusquement, elle marche toujours d'arrière en avant, de façon que l'entaille diminue peu à peu jusqu'au moment où elle est entièrement bouchée; en même temps, il se fait une entaille nouvelle qui s'agrandit jusqu'à

l'instant où l'animal l'arrête et la ferme en en rapprochant les bords. On conçoit alors comment il y a un instant où on peut observer à la fois en arrière un petit trou dû à l'oblitération partielle de l'ancienne entaille, et en avant une nouvelle ouverture, partielle aussi, puisqu'à ce moment de l'évolution vitale l'animal ne l'a pas encore fermée.

Ainsi marchent les choses dans les genres *Trochotoma* et *Woodwardia* (1).

M. d'Orbigny, trompé par cette apparence, crut voir dans cette disposition transitoire de deux trous un caractère normal, et, sans s'inquiéter du nom déjà donné par mon père, imposa celui de *Ditremaria* (2 trous), qu'on ne doit conserver à aucun titre, puisqu'il est postérieur à celui de *Trochotoma*, et en second lieu qu'il est dû à une méprise évidente. Si, d'un autre côté, on observe de bons échantillons d'une coquille du coral-rag depuis longtemps décrite par Zieten sous le nom de *Trochus quinquecinctus*, tab. xxxv, fig. 2, par Goldfuss sous le nom de *Monodonta ornata*, on peut s'assurer qu'il existe une entaille assez semblable à celle des *Trochotoma*. Aussi a-t-elle été décrite depuis par M. Buvignier sous le nom *Trochotoma quinquecincta* et par d'Orbigny sous celui de *Ditremaria quinquecincta*.

Cette coquille offre en réalité des caractères tout particuliers dont l'ensemble a été méconnu par tous les paléontologistes. Quelques-uns s'étaient bornés à remarquer qu'il existait vers la columelle une sorte de dent analogue à celle des Monodontes; d'autres n'en avaient pas même soupçonné l'existence et avaient représenté la base de cette espèce toute unie. Personne n'avait songé à examiner l'entaille, qui est des plus singulières.

En effet, j'ai pu examiner une suite magnifique d'échantillons en parfait état de conservation recueillis par M. Guirand dans le coral-rag de Valfin, et tous sans exception offraient une entaille étranglée en son milieu, dont les bords sont si rapprochés en ce point qu'on peut la considérer comme formée de 2 trous respiratoires arrondis et réunis par une simple scissure très-étroite. Cette disposition est ici l'état normal; il y a en réalité 2 trous, partant 2 organes de respiration. On voit combien une pareille organisation diffère de celle des *Trochotoma;* elle nous rappelle plutôt celle du genre *Polytremaria*, qui n'est qu'une Haliotide à forme de troque.

---

(1) Scissurelles à entaille fermée.

C'est donc aux échantillons de cette coquille seulement qu'on peut appliquer avec raison le nom de *Ditremaria*. Nous laisserons donc dans le genre *Trochotoma* la plupart des *Ditremaria* de M. d'Orbigny, et nous n'y conserverons que la seule espèce *Dit. quinquecincta*.

La série de ces Haliotidées à forme trochoïde se trouvera donc établie de la manière suivante :

1re section. *Scissurella*, *Woodwardia*.

2e section. *Pleurotomaria*, *Trochotoma*, *Ditremaria*, *Polytremaria*.

Nous caractériserons ainsi le genre *Ditremaria* tel que nous l'avons compris :

Genre Ditremaria. Type *Ditremaria quinquecincta* (Ziet. sp.) du coral-rag de Natheim, de S. Mihiel, de Valfin, etc.

Coquille turbinée, voisine de forme des Trochotomes. Offrant au lieu d'une entaille respiratoire 2 trous arrondis réunis par une scissure transversale. Base montrant une large callosité excavée en son centre, d'où naît un gros tubercule arrondi. Bouche étranglée, carrée comme celle des Troques et resserrée, sur chacune des 2 lèvres, droite et gauche, par une dent très-prononcée, comme dans les Monodontes. »

PHYSIQUE DU GLOBE. *Influence des tremblements de terre sur les troubles contenus dans les eaux du puits artésien de Passy.* — La note suivante a été communiquée par M. Hervé Mangon :

Les perfectionnements apportés chaque jour aux procédés d'exécution des grands sondages artésiens permettent d'espérer que les travaux de cette nature ne tarderont pas à devenir assez nombreux et assez économiques pour rendre à l'agriculture de véritables services. Déjà les puits forés en Algérie par M. Degousée ont montré tout ce que les pays chauds peuvent demander aux eaux souterraines. Ailleurs, les puits profonds que nos habiles sondeurs entreprennent aujourd'hui avec tant de confiance fourniront des eaux à température élevée, dont le mélange avec les eaux d'égout ou autres permettra d'entretenir dans nos climats ces prairies d'hiver qui font la richesse des environs de Milan et de quelques autres localités privilégiées.

Si les sondages profonds intéressent vivement l'agriculture par les résultats qu'ils promettent, l'art de l'ingénieur par les difficultés de leur exécution, ils n'ont pas moins d'intérêt pour la science, car ils donnent à l'observateur des moyens nouveaux

d'étudier des phénomènes souterrains qui semblaient devoir à jamais échapper à ses investigations. On reconnaîtra, en effet, si les observations qui font l'objet de cette note se multiplient suffisamment, que les puits artésiens fournissent un moyen nouveau d'étudier les tremblements de terre et de reconnaître les directions suivant lesquelles ces grands ébranlements du sol se propagent avec le plus de facilité, directions qui présentent sans doute une relation remarquable avec les lignes de soulèvement des montagnes. Voici du reste les observations que j'ai pu faire à ce sujet sur le puits artésien de Passy.

Du 28 octobre 1861 au 31 mars 1862, j'ai mesuré chaque jour la proportion de matières solides amenées par les eaux à la surface du sol En rapprochant les chiffres ainsi obtenus de la liste, dressée par M. Perrey, des tremblements de terre observés dans la même période, on reconnaît facilement que les eaux ont été d'autant plus troubles que les tremblements de terre ont été plus fréquents. En négligeant les faibles trépidations presque continuellement observées à Nice et les tremblements de terre signalés dans des contrées fort éloignées, l'attention se concentre sur des faits mieux caractérisés parmi lesquels on citera les suivants :

Le 14 novembre 1861, un tremblement de terre étendu se fait sentir en Suisse, aussitôt la proportion de troubles contenus dans l'eau du puits de Passy passe de 62^{gr} par mètre cube d'eau, à 147^{gr} pour retomber dès le lendemain à 91^{gr}.

Le 17 et le 18 du même mois, il y a des tremblements de terre à Aigion (Grèce), et le 19 à Potenza (province de Naples) la proportion de troubles passe de 101^{gr} à 207, à 331, à 254 et enfin à 338, pour décroître immédiatement après.

Un tremblement de terre a lieu dans le Valais le 24 novembre. La proportion de troubles s'élève de 232^{gr} à 390^{gr} pour retomber le lendemain à 305, et remonter, le 26, à 433^{gr}, au moment où un tremblement de terre se produit à Potenza.

L'éruption du Vésuve a lieu le 8 décembre 1861, elle est précédée et suivie de tremblements de terre fréquents. Les troubles apportés par les eaux du puits s'élèvent les 6, 7, 8 et 9 décembre aux énormes proportions de 5052^{gr}, 1704^{gr}, 1098^{gr} et 1874^{gr} par mètre cube.

Les 27 et 31 décembre, la proportion de troubles éprouve une forte augmentation, et en effet des tremblements de terre se faisaient ressentir au Vésuve et à Aigion.

Pendant la fin de janvier, le mois de février et le commencement de mars, les eaux sont relativement peu chargées et les tremblements de terre signalés sont moins nombreux, mais leur influence est encore bien marquée, quoique les différences soient moindres d'un jour à l'autre entre les quantités de troubles, puisque le poids de ces troubles est lui-même peu considérable. On mentionnera seulement, pendant ces quelques semaines, le tremblement de terre de Lorca (Espagne) du 22 janvier, dans lequel la proportion de troubles passe de 34 à 84gr, pour retomber le lendemain à 21gr par mètre cube d'eau.

Enfin, du 16 au 31 mars, les troubles redeviennent extrêmement abondants, et de nombreux tremblements de terre sont signalés au Vésuve et à Torrevieja.

Ces expériences ne peuvent se faire, d'ailleurs, que dans les premiers temps de l'ouverture des puits artésiens, car l'eau devient claire aussitôt que la chambre qui se forme au bas du tube est suffisamment agrandie pour donner à l'eau le temps de s'y reposer et de s'éclaircir avant de s'engager dans la colonne ascensionnelle. Il convient donc, en général, de faciliter l'écoulement des eaux d'un sondage après son achèvement, si l'on veut arriver le plus promptement possible à obtenir des eaux claires et un débit régulier; c'est alors seulement, à mon avis, qu'il faut s'occuper de les élever au-dessus du sol.

Je ne voudrais pas attribuer aux rapprochements qui précèdent plus d'importance qu'ils ne méritent. Mes observations ont été trop peu prolongées pour que l'on ne puisse pas, à la rigueur, attribuer à des coïncidences fortuites les faits signalés; cependant ces faits forment une série déjà assez remarquable pour qu'il soit vivement à désirer que ces observations soient continuées toutes les fois que l'occasion s'en présentera.

Séance du 25 juillet 1863.

GÉOMÉTRIE.— M. Paul Serret a communiqué dans cette séance à la Société les propositions suivantes :

Théorème 1. Le lieu (1) des centres des surfaces du second ordre tangentes à *sept* plans coïncide avec le lieu des points dont

---

(1) Un plan (théorème connu).

les *carrés* des distances aux sept plans donnés,— respectivement *multipliés* par des coefficients capables de produire une fonction linéaire, et *ajoutés*, — donnent une somme nulle.

Théorème 2. Le lieu (1) des centres des surfaces du second ordre, tangentes à *six* plans donnés, et dont la somme des carrés des axes est constante, coïncide avec le lieu des points dont les carrés des distances aux six plans donnés, — respectivement multipliés par des coefficients capables de produire une sphère, et ajoutés,— donnent une somme égale à la somme constante des carrés des axes.

Autre théorème. Les premiers côtés d'un polygone *pair*, inscrit à une courbe du troisième ordre, pivotant sur autant de points fixes situés sur la courbe : le côté libre pivote aussi sur un point fixe appartenant à la courbe.

En particulier, si le premier, le second, le troisième côté d'un quadrilatère mobile inscrit à une courbe du troisième ordre, tournent respectivement sur le premier, le second, le troisième point d'inflexion : le côté libre du quadrilatère tourne lui-même sur le second point d'inflexion.

Remarque. Le théorème précédent renferme la propriété bien connue des polygones pairs, inscrits à une courbe du second ordre, et dont les premiers côtés tournent sur des points fixes situés en ligne droite : cette droite, en effet, et la courbe donnée, du second ordre, forment une ligne du troisième.

Séance du 8 *août* 1863.

CHIMIE. *Dosage de la potasse, de la crème de tartre, de l'acide tartrique contenus dans les vins.* — M. Berthelot a communiqué dans cette séance, en son nom et au nom de M. A. de Fleurieu, la note suivante :

Pour opérer le dosage rapide de la potasse contenue dans un vin, il suffit de prendre 10^{cc} du vin, d'y ajouter 5^{cc} d'une solution tartrique dont le titre acide soit double ou triple de celui du vin, puis 75^{cc} d'un mélange d'éther et d'alcool à volumes égaux : on dose ensuite la crème de tartre précipitée par un essai alcalimétrique. Le poids de la potasse se calcule par une simple proportion :

---

(1) Une sphère (mention).

à chaque équiv. d'acide libre trouvé dans le dosage de la crème de tartre correspond un équiv. de potasse contenu dans le vin primitif.

Nous avons vérifié que la précipitation dans ces conditions était aussi complète qu'avec une solution de crème de tartre pure, quel que fût l'excès des acides organiques, tels que les acides citrique, malique, succinique, acétique, pourvu qu'on ajoutât une quantité suffisante d'acide tartrique aux liqueurs. Comme contre-épreuve nous avons dosé la potasse demeurée en solution dans le mélange éthéro-alcoolique, en opérant avec le vin de Formichon, 1862. Cette proportion a été trouvée égale à 0gr,001, poids qui diffère à peine de celui qui répond à l'acidité conservée par un pareil mélange, lorsqu'on l'emploie à précipiter une solution de crème de tartre pure.

Tout notre procédé consiste dans les opérations suivantes :

1° Précipitation de la crème de tartre dans un vin, en y ajoutant cinq fois son volume d'un mélange d'alcool et d'éther à volumes égaux.

2° Même précipitation, après saturation partielle du vin par la potasse, ce qui fournit l'acide tartrique total ;

3° Même précipitation après addition d'acide tartrique, ce qui fournit la potasse totale.

Toutes les fois que la 1re épreuve s'accorde exactement avec l'une ou l'autre des deux suivantes, ce qui arrive presque toujours, on trouve dans cet accord un contrôle, rendu plus assuré d'ailleurs par les épreuves synthétiques que nous avons faites. Le seul cas douteux est celui où le précipité de crème de tartre augmente à la fois par l'addition de la potasse et par celle de l'acide tartrique. Ce cas s'est présenté deux fois seulement dans nos expériences, savoir : avec le Formichon 1859 et avec le Brouilly 1858, lesquels vins renferment un excès considérable d'acide tartrique et une quantité de potasse moindre que celle qui existe dans une liqueur analogue saturée de crème de tartre. Ce fait nous paraît indiquer dans ces vins la présence de certains acides capables de partager en proportion notable avec l'acide tartrique cette potasse insuffisante : mais c'est là un cas très-exceptionnel. Dans cette circonstance d'ailleurs, on pourrait regarder le chiffre obtenu comme représentant la crème de tartre existant réellement dans le vin, telle qu'elle résulte du partage.

C'est ici le lieu de faire observer que l'addition du tartrate

neutre de potasse à un vin peut accroître la proportion de crème de tartre, sans que ce vin renferme avant cette addition un excès d'acide tartrique : en effet, tous les acides ayant la propriété de former du tartrate acide aux dépens du tartrate neutre de potasse, l'acide tartrique contenu dans la crème de tartre précipitée peut tirer son origine, non du vin lui-même, mais du tartrate additionnel décomposé par les autres acides du vin. Tout l'effet de cette pratique consiste donc à diminuer l'acide d'un vin.

Voici maintenant quelques détails sur les dosages que nous avons réalisés. Le poids de la potasse a été trouvé compris entre 0gr,44 et 1,02 par litre, c'est-à-dire entre des limites moindres que l'acide tartrique total (0.8 et 2gr,4) et que la crème de tartre 0,9 et 2gr,9) (1). Il est digne de remarque que l'acide tartrique total n'a jamais dépassé le poids de l'acide contenu dans une solution analogue au vin et saturée de crème de tartre ; la potasse est demeurée également à peu près dans la limite de la quantité de cet alcali contenue dans la même solution, sauf un cas où elle l'a dépassée de moitié. Cette potasse équivalait à une proportion d'acide comprise entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{12}$, dans les cas extrêmes, et d'ordinaire entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{6}$ du poids total des acides contenus dans les vins examinés. Comparée à l'acide tartrique seulement, elle peut s'élever jusqu'au double, au triple et même au delà du poids capable de le saturer.

Nous observerons encore que le vin d'un même cru, tel que celui de Fornichon, peut offrir, suivant les années, tantôt un excès d'acide tartrique (1858), tantôt la potasse et l'acide tartrique en proportion sensiblement équivalente (1862), tantôt un excès variable de potasse (1860, 1861).

---

(1) Nous apprenons à l'instant que M. Maumené, dans un travail présenté à l'Académie de Reims (t. XXXI, p. 49) en 1860, a reconnu :

1° Que la crème de tartre ne dépassait pas 3 gr. par litre dans deux vins qu'il a analysés.

2° Que l'acidité de ces vins n'était pas représentée à beaucoup près par la crème de tartre et par l'acide succinique. Pensant avoir démontré l'absence de l'acide acétique, l'auteur conclut à la présence d'acides non reconnus jusque-là.

3° Il ajoute qu'il a obtenu cet acide, qui est cristallisable et très-soluble.

La conformité de ces résultats, antérieurs aux nôtres, avec une partie de ceux que nous avons obtenus par une méthode différente, fournit à ces procédés un précieux contrôle.

Ces résultats et divers autres sont compris dans les tableaux suivants qui résument l'ensemble de nos analyses.

Le premier tableau représente les nombres mêmes des expériences, sans réduction, ni correction, c'est-à-dire des chiffres proportionnels aux volumes de baryte employés dans les neutralisations. La 3e colonne répond au titre acide du vin; la 4e, à celui de la crème de tartre précipitée directement; la 5e, à celui de la crème de tartre précipitée après addition d'une petite quantité de potasse, et par conséquent à l'acide tartrique total (1); la 6e, à celui de la crème de tartre précipitée après addition d'acide tartrique, et par conséquent à la potasse totale (2). Pour plus d'exactitude, il faudrait ajouter à tous les nombres des trois dernières colonnes le poids 0gr,05 qui répond à la solubilité de la crème de tartre dans le mélange éthéro alcoolique mis en œuvre. Cette correction a été faite dans le tableau II.

TABLEAU I.

Renfermant les nombres mêmes des expériences.

Nom des vins.		Degré alcoolique.	Proportion de $SO^3HO=49$ équivalent, par litre de vin. A l'acidité totale.	A la bitartrate de potasse. $C^8H^5KO^{12}=188$	A l'acide tartrique total. $C^8H^6O^{12}=150$	A la potasse totale. $KO=47$
Formichon	1857	10,7	4,25	8,51	» »	0,72
Id.	1858	11,6	4,83	0,41	0,62	0,41
Id.	1859	11,9	4,90	0,33	0,74	0,42
Id.	1860	10,2	5,30	0,43	0,43	0,59
Id.	1861	12,2	4,22	0,41	0,41	0,74
Id.	1862	11,0	4,93	0,70	0,70	0,74
Brouilly	1858	12,2	5,92	0,51	0,70	0,67
Savigny	1859	12,5	3,06	0,24	0,24	0,76
Id.	1860	8,3	4,50	0,36	0,36	1,01
Id. (gelé)	1861	12,0	3,10	0,20	0,20	0,76
Savigny, Pinot rouge	1862	12,2	3,50	0,41	0,41	0,83
Id. Pinot blanc	1862	13,7	3,30	0 36	0,36	0,44
Pomard	1858	13,7	3,30	0,24	» »	0,79
Bordeaux ordinaire		» »	4,40	0,40	0,40	0,81
Médoc	1858	9,7	4,30	0,30	0,30	0,75
Saint-Emilion	1857	9,0	4,40	0,25	0,25	0,55
Montpellier ordinaire	»	»	4,00	0,27	» »	0,79

(1) Dont le titre acide déterminé directement serait double de celui du bitartrate équivalent.

(2) Dont le titre alcalin équivaut exactement au titre acide du bitartrate.

Dans le tableau qui suit, on a transformé et corrigé les résultats précédents, de façon à obtenir les poids réels des divers principes contenus dans les vins.

TABLEAU II.

Composition des vins rapportée à un litre.

Nom des vins.		Degré alcoolique.	Acidité totale rapportée à l'acide tartrique. $C^8H^6O^{12}$ (1)	Poids de la crème de tartre. $C^8H^3KO^{12}$	Poids de l'acide tartrique total. $C^8H^6O^{12}$	Poids de la potasse totale. KO
Formichon	1857	10,7	6,51	2,16	» »	0,74
Id.	1858	11,6	7,39	1,76	2,05	0,44
Id.	1859	11,9	7,50	1,48	2,42	0,45
Id.	1860	10,2	8,10	1,86	1,47	0,62
Id.	1861	12,2	6,46	1,76	1,41	0,76
Id.	1862	11,0	7,54	2,90	2,30	0,76
Brouilly	1858	12,2	9,06	2,16	2,30	0,69
Savigny	1859	12,5	4,68	1,12	0,88	0,78
Id.	1860	8,3	6,89	1,58	1,25	1,02
Id. (gelé)	1861	12,0	4,74	0,92	0,76	0,78
Savigny (Pinot rouge)	1862	12,2	5,35	1,76	1,40	0,85
Id. (Pinot blanc)	1862	13,7	5,05	1,58	1,25	0,47
Pomard	1858	13,7	5,05	1,12	» »	0,81
Bordeaux ordinaire		» »	6,73	1,73	1,38	0,83
Médoc,	1858	9,7	6,59	1,36	1,07	0,77
Saint-Emilion	1857	9,0	6,73	1,16	0,87	0,58
Montpellier ordinaire		» »	6,12	1,24	» »	0,81

MÉCANIQUE. — M. de Saint-Venant a fait la communication suivante *sur la détermination de l'état d'équilibre des tiges élastiques à double courbure.*

Dans notre note du 13 juin, dit-il (*l'Institut*, 24 juin, n° 1538), nous avons montré que les tiges courbes peuvent éprouver des flexions et des torsions sans qu'il y ait aucun changement dans la forme, et par conséquent dans la première ni dans la seconde courbure de leur *axe* ou fibre moyenne.

On peut, en effet, sans un changement semblable, faire

---

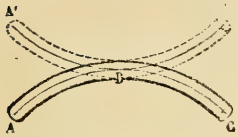
(1) Nous avons rapporté ici l'acidité totale à l'acide tartrique, parce que le chiffre ainsi obtenu est plus voisin de la vérité, les acides principaux du vin étant l'acide tartrique, $C^8H^6O^{12}$, l'acide succinique, $C^8H^6O^8$, et l'acide malique, $C^8H^6O^{10}$, dont les équivalents et les formules ne diffèrent pas beaucoup. — L'acide carbonique a été éliminé avant les dosages.

tourner autour des tangentes à leur axe leurs sections transversales :

1° Inégalement, ce qui produit une torsion ;

2° Également, ou du même angle, ce qui accourcit les fibres les plus longues et allonge les plus courtes entre deux sections voisines, non parallèles, et les fait tourner ainsi l'une par rapport à l'autre autour d'une perpendiculaire à la tangente, ou produit une flexion.

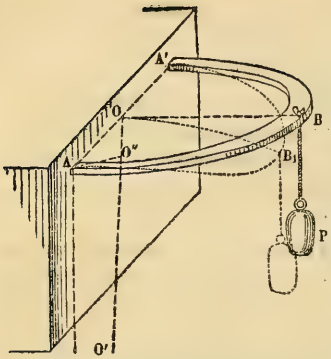
Nous avons donné comme exemple de cette seconde sorte de modification celle d'une tige en arc de cercle dont on aurait ramené la fibre moyenne ABC dans la situation primitive par une demi-révolution après qu'une flexion l'aurait changée en un arc A'BC' de même rayon, courbé en sens opposé ; et nous avons observé qu'au moyen de l'application de forces convenables sur sa surface, la même flexion pouvait très-bien être opérée en maintenant la fibre moyenne ABC dans sa situation au lieu de l'y ramener après l'en avoir fait sortir.



Cette torsion et cette flexion qui s'effectuent sans changement des courbures de l'axe de la tige tiennent *à un autre changement*, celui de l'azimut des sections par rapport aux plans osculateurs ou aux rayons de courbures de cet axe, restés immobiles.

Nous avons dit que la prise en considération de ce déplacement angulaire relatif des sections et des rayons avait été omise par un illustre géomètre, qui n'a pas non plus fait entrer dans son analyse le *moment des forces extérieures autour du rayon de courbure*, car, en décomposant leur moment total il n'a tenu compte que de deux de leurs trois moments composants, à savoir du moment autour de la tangente à l'axe de la tige, et du moment autour de la normale à son plan osculateur, comme si le troisième moment, qui tend à faire tourner le solide autour de la perpendiculaire à ces deux lignes, était toujours nul, ce qui ne saurait être évidemment.

Pour achever d'éclairer ce point délicat, signalé dès 1843 et 1844, montrons par un exemple que les deux omissions dont nous parlons sont conséquences l'une de l'autre.



Soit ABA' un demi-anneau horizontal, ou une tige élastique mince en forme de demi cercle, encastrée solidement dans un mur à ses extrémités A,A' et sollicitée à son milieu B par un poids P. Son axe, ou la fibre unissant les centres de gravité de ses sections, prendra la forme AB_1A' d'une courbe à double courbure sous l'action de cette force verticale dont le moment, en A et A', tend à faire tourner l'anneau *autour du rayon de courbure primitif* qui est l'horizontale AO ou A'O, d'où il suit qu'auprès des encastrements le moment total se réduit précisément à celui que M. Poisson a omis. Or si, par exemple, la section transversale supposée constante est ou un cercle ou un rectangle à côtés horizontaux ou verticaux, il est facile de voir que le premier élément de la courbe d'axe, en A, aura pour projection verticale, sur un plan perpendiculaire à OA, la courbe suivant laquelle fléchirait une tige droite horizontale et de même section, également encastrée en A, sous l'action d'un poids $\frac{1}{2}$ P qu'on y suspendrait à une distance = OB du point d'encastrement. Soit O' le centre de courbure de cette projection verticale ; en le joignant par la droite O'O avec le centre de courbure O de la projection horizontale, qui n'est autre chose que l'arc AB non fléchi, et en abaissant de A une perpendiculaire AO'' sur cette ligne de jonction, O'' sera le centre de courbure de la nouvelle courbe d'axe en A. On voit que l'action du moment $\frac{1}{2}$ P×OB qui s'exerce *autour du rayon* AO du demi-cercle aura eu pour effet de donner à ce rayon une direction nouvelle AO'', ou *qu'elle l'aura déplacé de l'angle* OAO'' sur le plan de la section en A.

L'analyse prouve que la même chose se produit constamment ; car soient I,I' le plus petit et le plus grand moment d'inertie d'une section transversale d'une tige autour d'axes transversaux qui y sont tracés par son centre de gravité, *e* l'angle fait primitivement par le rayon de courbure ρ avec l'angle I', M_ρ et M_n les moments, autour de ce rayon et autour de la normale au plan osculateur, des forces qui agissent sur la tige depuis cette section jusqu'à une extrémité, et E le module d'é-

lasticité de traction ou de flexion, l'on trouve que e augmentera d'un angle ε donné par

$$\operatorname{Sin}\varepsilon = \frac{\rho}{E}\left[M_\rho\left(\frac{\cos^2 e}{I}+\frac{\sin^2 e}{I'}\right) - M_n \sin e \cos e\left(\frac{1}{I}-\frac{1}{I'}\right)\right],$$

d'où l'on voit bien que lorsque $e = 0$ ou $\frac{\pi}{2}$, c'est-à-dire lorsque le rayon de coubure est dirigé primitivement suivant un des deux axes principaux d'inertie de la tige (comme dans l'anneau ABA'), et aussi et par conséquent quand $I = I'$, cas où cette condition est remplie pour toutes les directions, *ce déplacement angulaire ε du rayon de courbure*, donné alors par

$\sin\varepsilon = \frac{\rho M_\rho}{EI}$ ou $\frac{\rho M_\rho}{EI'}$ *ne dépend que du moment des forces autour de ce rayon*, en sorte qu'il y a un pareil déplacement relatif du rayon et de la section partout où ce moment M_ρ n'est pas nul.

On trouve encore que pour toute portion de tige dans l'étendue de laquelle il n'y a de forces appliquées que sur son axe (comme le supposait Poisson) ou pour laquelle les forces agissant hors de l'axe ne sont appliquées qu'aux extrémités, si s est l'arc de cet axe ou fibre moyenne, et si M_s est le moment des forces autour de son élément ds ou de sa tangente, on a

$$\frac{dM_s}{ds} = \frac{M_\rho}{\rho},$$

relation qui prouve que *ce moment* M_s, dit *de torsion*, n'est constant d'un bout à l'autre que lorsque le moment M_ρ peut être regardé comme nul partout, ou que le rayon nouveau ρ est infini. Les équations différentielles qui ont été fondées sur la constance supposée de M_s ne peuvent fournir la courbe élastique à double courbure, c'est-à-dire la courbe d'axe pour une flexion d'une amplitude quelconque, que dans ces cas exceptionnels, qui se réduisent à peu près à celui d'une tige primitivement rectiligne cylindrique ou prismatique dont la section a une des formes pour lesquelles tous les moments d'inertie sont principaux et égaux, cas pour lequel Binet et Wantzel ont donné des intégrales.

Mais pour avoir la situation des points de la tige hors de son

axe il faudra toujours recourir à la considération de l'angle de déplacement relatif des rayons et des sections que nous avons appelé ε.

On le conçoit sans peine, si l'on considère que l'état d'une tige courbe ne dépend pas seulement de la forme de sa fibre moyenne et de celle de ses sections; il faut encore pour le déterminer connaître les azimuts ou les orientations diverses de celle-ci sur celle-là, c'est-à-dire, pour chaque section, l'angle que fait, par exemple. un de ses deux axes principaux de figure ou d'inertie avec le plan osculateur correspondant de la fibre moyenne ; or cet angle est celui que nous avons appelé e avant la déformation et $e+\varepsilon$ après.

Et, même quant à la détermination de la fibre moyenne, toute analyse dans laquelle on voudra embrasser,comme Poisson, le cas le plus général de double courbure primitive et de section quelconque et où on fera entrer les rayons de la première courbure introduits par Jacques Bernouilli, et aussi ceux de cambrure ou de seconde courbure introduits par Binet, devra comprendre aussi cet angle ε de déplacement angulaire du premier rayon sur les sections.

On ne se passera de sa considération, pour la détermination de la fibre moyenne, que dans les cas où l'on pourra se passer aussi de celle des courbures, et déterminer cumulativement ce qui provient à la fois de ces deux éléments, à savoir les rotations des sections successives les unes devant les autres.

C'est heureusement ce qui a lieu dans le cas le plus usuel, celui des *très-petits déplacements*, supposés ne pas influer dans une proportion sensible sur les grandeurs des bras de levier des forces qui font fléchir. Nous sommes parvenu, en 1845, à la suite de longs calculs (non indiqués dans l'extrait du *Compte rendu*) (1), à des équations d'équilibre que peut fournir aussi un raisonnement géométrique simple, présenté en 1844 (2),

---

(1) 30 octobre et 6 novembre, t. XVII, p. 942 et 1020.

(2) 1er et 15 juillet, t. XIX, p, 42-44, avec applications, p. 181-186. On peut le simplifier encore en égalant chacun des moments des forces extérieures autour des deux axes principaux d'inertie d'une section quelconque au produit du module d'élasticité E par le moment d'inertie principal I correspondant de la section et par la flexion autour de cet axe, flexion qui est mesurée par la différence des grandeurs pri-

puis à trois équations différentielles du troisième ordre non linéaires dont les intégrales, à la suite de substitutions et de réductions considérables, ont fourni finalement pour les déplacements des points de la fibre moyenne trois formules très-simples, calculables par quadratures quelle que soit la forme primitive de la tige, où ne figurent plus ces angles ε et ces rayons des deux courbures que nous avions fait entrer dans notre analyse pour y arriver (1). Elles comprennent celles de Navier relatives aux pièces courbes planes, et nous les avons appliquées à divers cas de flexion et torsion d'un anneau *par des forces perpendiculaires à son plan.*

Nous avons dit alors qu'elles pourraient être vérifiées, et établies directement, en remarquant que leurs divers termes représentent de petites rotations des éléments de l'axe de la tige autour des axes coordonnés en vertu de l'action des forces extérieures (2).

Cet établissement direct a été effectué avec bonheur et lucidité par M. Bresse, un de nos successeurs au cours de l'École des ponts et chaussées, qui a considéré et composé ensemble les effets des rotations relatives, non de ces éléments, mais des sections auxquelles ils étaient normaux. Ses formules, données en tête de la deuxième partie de son livre (3), reviennent aux nôtres, car on les obtient immédiatement de celles-ci au moyen d'une intégration par parties, et en composant ensemble, en une flexion unique, les deux flexions que nous prenons autour des axes principaux d'inertie des sections ; flexions composantes

---

mitive et ultérieure des inverses des rayons de courbure de la projection de la fibre moyenne sur un plan perpendiculaire au même axe principal de la section. Cette différence est, pour l'un d'eux, $\frac{\cos(e+\varepsilon)}{\rho} - \frac{\cos e}{\rho_0}$ avec les notations ci-dessus.

(1) Formules (18) de la p. 1021 du t. XVII des *Comptes rendus*, avec leurs développements (20), où il convient de mettre $+$ au lieu de $-$ devant les secondes parenthèses (vu le sens usité par les rotations positives), et formules p. 45 du t. XIX.

(2) M. Kirchhoff, en considérant une tige infiniment mince, a remarqué une grande analogie entre le problème de son équilibre et celui de la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe (*Journal de Crelle*, 1859, t. LVI, p. 308.)

(3) Cours de mécanique appliquée. Résistance des matériaux, p. 86.

dont nous avons reconnu depuis longtemps que la séparation facilitait les calculs, et avait aussi l'avantage d'offrir trois moments des forces autour d'axes connus, au lieu de deux seulement dont l'un s'exerce autour d'un axe à chercher (1). On doit aussi à M. Bresse d'autres formules pour évaluer directement, d'après le même principe, les rotations totales éprouvées par une quelconque des sections, ce qui permet d'exprimer les conditions d'encastrement, de raccordement, etc., et de trouver la situation finale des points de la tige hors de son axe, d'une manière plus simple que par la considération des rayons des deux courbures et du déplacement angulaire ε, etc., présentée et employée par nous en 1843 comme un moyen général et sûr d'arriver à la détermination de toutes les constantes d'intégration ainsi que des réactions inconnues.

Mais, lorsque les déplacements des points de l'axe de la tige sont considérables, comme ils le sont dans les cas de *simple courbure* traités par Euler et Lagrange et déjà par Bernouilli (ce qui peut avoir lieu sans altération de l'élasticité si la tige est mince), les rotations de ses diverses tranches ou sections successives ne peuvent plus être composées ensemble par simple addition ; il faut donc renoncer à cette simplification et aux formules qui en résultent, qui cessent encore d'être applicables quand les déplacements, bien que petits, ont une grande influence sur les bras de levier, comme dans les cas des pièces chargées debout ou très-obliquement. Il paraît nécessaire alors de revenir à la considération des rayons des deux courbures et des déplacements angulaires ε pour arriver à déterminer l'orientation finale des sections ou la position de leurs points hors de l'axe de la tige, et même, sauf quelques cas exceptionnels, pour mettre en équation le problème de la détermination de la forme non plane de cet axe.

PHYSIOLOGIE. *Recherches sur l'action comparative des sels de potassium, de sodium et de rubidium, injectés dans les*

---

(1) Il faut, aussi, au moment d'inertie de la section autour de son centre, mis en dénominateur par M Bresse pour calculer la torsion, et qui ne convient que pour une section circulaire, et à l'expression un peu plus composée, due à Cauchy, que j'employais en 1843 et qui n'est exacte que pour les sections elliptiques, substituer, suivant la forme réelle de ces sections, les autres expressions que fournit mon mémoire de 1854 sur la torsion.

veines. — *Propriétés toxiques du sulfate de thallium.* — Sous ce titre le mémoire suivant a été lu à la Société, dans cette séance, par M. L. Grandeau, docteur ès-sciences.

Chaque fois que la chimie découvre un corps simple, l'étude de l'action physiologique de ce dernier présente un intérêt réel, surtout si le nouvel élément se rencontre dans des eaux minérales réputées efficaces, au point de vue thérapeutique ou dans une substance douée de propriétés actives. C'est précisément le cas des deux métaux alcalins que l'analyse spectrale a fait connaître; le rubidium et le cæsium existent dans un grand nombre d'eaux minérales, je les ai rencontrés en quantités assez notables dans l'eau de Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne), qui est, je crois, la source la plus riche qu'on en connaisse jusqu'ici (1). Ces métaux, ou tout au moins l'un d'eux, le rubidium, se trouvent dans les cendres de plusieurs végétaux, comme je l'ai fait voir précédemment (2); j'ai eu de plus, dans le cours de mes recherches, l'occasion de constater que des végétaux croissant dans un sol qui renferme des sels de potasse, de soude, de lithine et de rubidium, ne s'assimilent pas indifféremment chacune de ces substances : les uns, comme le tabac, absorbent de la potasse, du rubidium, de la lithine et des traces de soude, tandis que d'autres venus dans le même sol, comme la betterave, ne fixent dans leur tissus que de la potasse, de la soude et du rubidium, laissant la lithine, ou, comme le colza, ne prennent que de la potasse et de la soude, et n'absorbent pas même de trace de lithine ou de rubidium. Je poursuis sur cette affinité des plantes pour certains corps des recherches dont j'aurai l'honneur de communiquer les résultats à la Société.

Aujourd'hui, je me propose de l'entretenir de l'action physiologique des sels du rubidium, de soude et de potasse. Les analogies nombreuses que présentent les sels de rubidium et de potassium, analogies tellement grandes que, sans le secours de l'analyse spectrale, on ne serait peut-être jamais parvenu

---

(1) Un litre d'eau de Bourbonne renfermerait, d'après une analyse que j'en ai faite, environ 3 centigrammes de chlorure de cæsium et 2 centigrammes de chlorure de rubidium. Le chiffre du chlorure de cæsium devrait être légèrement modifié, l'équivalent de ce métal étant égal à 133, au lieu de 123, nombre qui m'a servi dans mes calculs.

(2) *Annales de physique et de chimie*, 3e série, t. LXVII.

à distinguer ces corps l'un de l'autre, m'ont fait penser que des expériences consistant à introduire dans l'estomac de chiens ou de lapins du chlorure de rubidium ou tel autre sel de ce métal ne me conduiraient pas au but que je me proposais. En effet, on ne peut avoir recours à l'ingestion dans le tube digestif d'une substance dont on veut étudier l'action physiologique ou les propriétés toxiques qu'à la condition que cette substance soit douée de propriétés assez énergiques. J'ai donc renoncé à tenter des expériences dans ce sens, et je me suis arrêté, de concert avec M. Claude Bernard, qui a bien voulu m'aider, dans le cours de ces recherches, de son savoir et de sa grande habileté des vivisections, à l'injection dans les veines de dissolutions des divers sels dont je vais parler. Le concours de notre éminent physiologiste m'a été d'autant plus précieux qu'il met les expériences dont il va être question à l'abri de toute objection relative à l'opération elle-même (introduction de l'air dans les veines, etc.).

Les sels qui ont servi à mes expériences sont les suivants : chlorure de rubidium , chlorure de potassium, chlorure de sodium, carbonate de potasse, carbonate de soude, azotate de soude, azotate de potasse. — Les injections ont été faites dans la veine jugulaire, chez des chiens ou des lapins, à jeun ou en digestion. On a choisi de préférence, pour chaque expérience comparative, des animaux de taille et de vigueur identiques.

Action comparative des chlorures de sodium, de rubidium et de potassium.

Première expérience (4 février 1863.) — Dans la veine jugulaire d'un lapin en digestion on injecte lentement (en $0^{m}30^{s}$), 5 centimètres cubes d'une dissolution de 1 gramme de chlorure de rubidium pur dans 15 grammes d'eau, soit $0^{g},66$ de ce sel. L'animal ne manifeste aucune gêne; dès qu'on le lâche il se met à courir.

Deuxième expérience. — Dans la veine jugulaire d'un lapin en tous points comparable au précédent, on injecte lentement une dissolution de chlorure de potassium (1 gramme pour 15 grammes d'eau), l'animal est hâletant, il se débat et la mort arrive d'une manière foudroyante, avant qu'on ait injecté $3^{c},5$ de dissolution (soit $0^{g},23$ de K. Cl.) L'injection a duré 30 secondes. — A l'autopsie on trouve tous les organes à l'état normal; le sang est liquide dans tous les vaisseaux et dans le

cœur; le sang du cœur *gauche* est rouge, celui du cœur *droit* est noir.

Troisième expérience. — Dans la veine jugulaire d'un chien vigoureux de taille moyenne, en digestion, on injecte lentement (en $1^{m}25^{s}$), 15 centimètres cubes d'eau, tenant en dissolution 1 gramme de chlorure de rubidium. L'animal ne paraît nullement souffrir; lorsqu'on le détache, il court dans le laboratoire et va boire.

Quatrième expérience. — Dans la veine jugulaire d'un chien de taille moyenne, en digestion, et qui a servi un mois auparavant à d'autres expériences, on injecte (en $1^{m}20^{s}$), 15 centimètres cubes d'eau contenant 1 gramme de chlorure de sodium. L'animal ne manifeste aucune souffrance; lorsqu'on le détache, il court et joue comme avant l'opération.

Cinquième expérience.— Chez un chien vigoureux, en digestion, on injecte dans la veine jugulaire (en $1^{m}20^{s}$), 1 gramme de chlorure de potassium dissous dans 15 centimètres cubes d'eau; le chien se débat, crie et meurt foudroyé. A l'autopsie, comme chez le lapin (expérience 2), les organes sont à l'état normal; le sang est parfaitement liquide; le cœur gauche contient du sang rouge; le cœur droit du sang noir. L'animal n'est donc pas mort asphyxié.

Je reviendrai tout à l'heure sur l'action du chlorure de rubidium, mais je veux m'arrêter un instant sur la différence si profonde qui sépare le chlorure de potassium, du chlorure de sodium, au point de vue physiologique. Le premier amène instantanément la mort, tandis que le second paraît tout à fait inoffensif. M. Cl. Bernard avait déjà eu l'occasion de constater la parfaite innocuité du carbonate de soude injecté dans les veines, il avait vu qu'on peut aller jusqu'à des doses considérables sans produire d'accident. L'expérience lui avait également démontré la possibilité de mêler pendant plusieurs mois à la nourriture des animaux des quantités considérables de sels de soude, sans produire aucun trouble chez les sujets soumis à une semblable alimentation, tandis qu'il avait reconnu que les sels de potasse sont loin d'être supportés à la même dose dans les aliments. MM. Bouchardat et Stuart Cooper, de leur côté, dans leurs recherches sur les chlorure, bromure et iodure de potassium, recherches sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir plus loin, avaient constaté l'action toxique de ces sels injec-

tés dans les veines. Dans le but de m'assurer si, ce qui était peu probable *a priori*, l'acide combiné à la base avait de l'influence sur les propriétés toxiques du sel, j'ai fait quelques nouvelles expériences dont voici les résultats.

Sixième expérience. — Carbonate de potasse. Dans la veine jugulaire d'un chien vigoureux, de taille moyenne, à jeun depuis 36 heures, on pratique une injection qui dure 35 secondes. Les sept centimètres cubes et demi de liquide injecté contenaient 1g,5 de carbonate de potasse. La mort est foudroyante, légères convulsions. L'autopsie donne les mêmes résultats que dans les expériences 2 et 5.

Septième expérience. — Carbonate de soude. L'animal choisi pour cette expérience est un chien vigoureux, de taille un peu supérieure à celle du précédent. Comme ce dernier, il est également à jeun depuis 36 heures. Le liquide employé à l'injection contient 11g,6 de carbonate de soude pour 100 grammes d'eau. Dans l'espace de deux minutes, on injecte lentement dans la veine jugulaire 22 centimètres cubes de la dissolution. L'animal n'éprouve aucun trouble apparent. Deux minutes après, on injecte de nouveau, en une minute et demie, 20cc,5 de la même dissolution. Gêne apparente, agitation, cris légers; deux minutes après, l'animal paraît revenu à son état normal. On injecte de nouveau dans la même veine 22 centimètres cubes de la dissolution précédente. Convulsions, agitation, l'œil est toujours sensible. Mort apparente ; on détache le chien qui est privé de mouvement et de sensibilité; il revient à lui au bout de 15 minutes environ; une demi-heure après la dernière injection, il court comme si on ne lui avait fait subir aucune opération.

Huitième expérience. — Azotate de potasse. La dissolution contient 20g de $KOAzO^5$ pour 100 grammes d'eau. — On injecte dans l'espace de 0m 50s dans la veine jugulaire d'un lapin en digestion 6cc,5 de cette dissolution, l'animal meurt foudroyé; à l'autopsie on constate exactement le même état de choses que dans les expériences 2, 5 et 6.

Neuvième expérience. — Azotate de soude. Chez un lapin en digestion on injecte, en 2 minutes, 13 centimètres cubes d'une dissolution de $NaOAzO^5$ contenant 17 grammes de sel pour 100 d'eau. Effet passager. Convulsions très-légères. Quelques minutes après l'animal court comme avant l'opération.

Avant de discuter les expériences que je viens de rapporter et de chercher à en tirer quelques conclusions, je crois utile de résumer, sous forme de tableau, les conditions principales des expériences et leurs résultats :

ANIMAL.	Durée de l'injection.	Sel injecté.	Dose du sel.	Volume de la dissolution.	EFFETS.
Lapin (en digestion)	0m30s	chlorure de rubidium	0gr,66	5,0	nul.
Lapin id.	0m30s	chlorure de potassium	0 ,23	3,5	mort.
Chien id.	1m30s	chlorure de rubidium	1	15,0	nul.
Chien id.	1m20s	chlorure de sodium	1	15,0	nul.
Chien id.	1m20s	chlorure de potassium	1	15,0	mort.
Chien (à jeun)	0m35s	carbonate de potasse	1 ,5	7,5	mort.
Chien id.	6m (1)	carbonate de soude	7 ,08	64,7	(2)
Lapin (en digestion)	0m40s	azotate de potasse	1 ,3	6,5	mort.
Lapin id.	2m26s	azotate de soude	2 ,21	13,0	nul.

Il résulte de cette série d'expériences :

1° Que les sels de soude peuvent être introduits dans le torrent circulatoire sans produire d'accidents et que des doses très-fortes de ces sels n'amènent pas la mort;

2° Que les sels de potasse injectés de sang sont éminemment toxiques et que des doses très-faibles suffisent pour amener la mort foudroyante ;

3° Que la mort n'a pas lieu, dans ce cas, par asphyxie, puisqu'à l'autopsie les poumons et le cœur se trouvent à l'état normal ;

4° Que, contrairement à ce qu'auraient pu faire prévoir les analogies si complètes du potassium et du rubidium, ce dernier métal est tout à fait dépourvu de propriétés toxiques et ses sels peuvent être impunément introduits dans le torrent circulatoire sans amener aucun des accidents produits par l'injection des sels de potassium.

Le fait le plus digne de remarque auquel m'a conduit cette étude est sans contredit l'action éminemment toxique des sels de potassium. Les expériences précédentes prouvent que la quantité de ces sels en dissolution dans le sang ne peut excéder une certaine limite, la présence de très-faibles quantités d'une combinaison de ce métal amenant immédiatement la

(1) A trois reprises.
(2) Effet passager.

mort. Sans prétendre expliquer ce fait intéressant, je rappellerai le beau travail de M. Schmidt de Dorpat, sur les variations du sang dans les affections typhiques et dans le choléra. On sait qu'à l'état normal les globules sanguins sont très-riches en potassium, tandis que le sérum qui contient beaucoup de chlorure de sodium est presque entièrement dépourvu de sels de potasse. M. Schmidt a montré par des analyses très-nombreuses que, chez les individus atteints du choléra, le sérum du sang s'enrichit notablement en potasse, aux dépens des globules. L'altération si profonde du sang dans le choléra serait-elle due à l'excès de potasse qu'il renferme? C'est là ce que l'on n'oserait affirmer sans de nouvelles recherches, mais ce rapprochement de l'action toxique du potassium et de la présence d'un excès de potasse dans le sang, sous l'influence de maladies généralement mortelles, me paraît digne d'être noté.

MM. Bouchardat et Stuart Cooper ont constaté, dans le travail dont j'ai parlé plus haut, que chez les animaux morts à la suite d'injections de sels de potassium dans les veines, le cœur et les gros vaisseaux étaient remplis de caillots. Nous n'avons jamais rien rencontré de pareil, M. Claude Bernard et moi, à l'autopsie des lapins et des chiens qui ont succombé (ex. 2, 5, 6 et 8) à la suite d'injections, dans la veine jugulaire, de chlorure de potassium, de carbonate et d'azotate de potasse. Nous avons toujours trouvé le sang parfaitement liquide dans le cœur et dans les vaisseaux ; le cœur gauche était rempli de sang rouge liquide et le cœur droit de sang noir, ce qui, pour le dire en passant, démontre que les animaux n'ont pas succombé par asphyxie.

Il y a une autre conséquence qui découle immédiatement des expériences précédentes, à savoir que, au moins en ce qui concerne le rubidium et le potassium, l'action physiologique d'un corps n'est pas intimement liée à ses propriétés chimiques : on sait combien sont grandes les analogies de ces deux métaux; leur isomorphisme parfait, on pourrait presque dire l'identité de leurs caractères auraient pu faire penser que l'un d'eux étant toxique l'autre devait l'être également. On a vu qu'il n'en est rien. La nature chimique d'un corps ne peut donc rien faire préjuger d'absolu sur ses propriétés physiologiques, car si le rubidium devait exercer sur l'économie une action comparable à celle d'un des nitrates alcalins déjà connus, tout s'accordait *a priori* à faire admettre que son action devait être analogue à celle

du potassium; l'expérience a prouvé que c'est au contraire au sodium qu'il ressemble par sa complète innocuité. Cela montre une fois de plus avec quelle réserve il faut conclure des faits qu'on observe dans le laboratoire du chimiste à ceux que présentent les êtres vivants.

Action physiologique du thallium comparée à celle du plomb.

Le 13 février 1863, j'ai administré respectivement à deux chiens vigoureux un gramme de sulfate de thallium et un gramme et demi d'acétate neutre de plomb, chacun dissous séparément dans 40 grammes d'eau distillée. Ces dissolutions ont été portées directement dans l'estomac à l'aide d'une sonde œsophagienne. L'animal auquel on avait donné le sulfate de thallium vomit un quart d'heure après l'ingestion de ce sel. Malgré cela il paraît souffrant; le lendemain et jours suivants, jusqu'au 18, il refuse toute nourriture, il meurt le 18 février, c'est-à-dire cinq jours après l'ingestion du poison, après avoir manifesté tous les accidents qui accompagnent l'intoxication saturnine.

Le chien qui avait ingéré 1gr,5 d'acétate de plomb vomit une demi-heure après l'ingestion. Il paraît moins abattu que le précédent; dès le lendemain il mange comme à l'ordinaire, et, à partir de ce moment, il n'y paraît plus. Les sels de thallium paraissent donc doués de propriétés toxiques beaucoup plus énergiques que les sels de plomb.

Ces expériences, comme les précédentes, ont été faites dans le laboratoire de M. Claude Bernard, dont le concours m'a été des plus précieux

---

Séance du 31 octobre 1863.

M. de Caligny a communiqué dans cette séance des considérations sur l'application de la nouvelle théorie de la chaleur aux effets des compresseurs à colonnes d'eau oscillantes qui fonctionnent avec succès depuis plusieurs années au tunnel des Alpes.

Il rappelle d'abord qu'il a communiqué le 2 mars 1861 à la Société une note publiée dans *l'Institut*, où il a établi qu'il faut au travail résistant et à celui des résistances passives ordinaires, regardées à tort ou à raison comme connues, ajouter une quan-

tité de travail très-notable qui a été employée à produire de la chaleur ou d'autres effets physiques, *perdus pour l'effet utile.* L'état actuel de nos connaissances ne suffisant pas pour apprécier la partie du déchet provenant de ce qu'on ne se sert au tunnel des Alpes de l'air comprimé que lorsqu'il est refroidi. M. de Caligny n'a pu faire qu'un essai de calcul très-provisoire, après avoir consulté M. Seguin, dont la réponse, timbrée de la poste, est du 30 novembre 1860. Aussi c'est bien formellement à titre d'hypothèse qu'un premier résultat numérique a été indiqué, seulement pour fixer les idées, dans la note du 2 mars 1861. Depuis cette époque, la question a été reprise à un autre point de vue, dans un mémoire publié deux ans après, et dont un résultat de calcul de limites a été remarqué par M. de Caligny comme pouvant servir à confirmer ses idées d'une manière très-curieuse, dont l'auteur ne paraît pas s'être aperçu. Le mémoire dont il s'agit étant rédigé d'une manière succincte, M. de Caligny s'est fait un devoir de ne s'appuyer sur ce résultat qu'après avoir refait avec soin toutes les transformations et tous les calculs analytiques qui y conduisent par les règles ordinaires du calcul infinitésimal. L'auteur s'est servi, peut-être sans le savoir, puisqu'il ne les cite pas, des formules de M. de Caligny sur les oscillations de l'eau dans les tuyaux et de celles de M. Coriolis développées dans un mémoire qui renferme une sorte de commentaire du travail de M. de Caligny, couronné par l'Académie des sciences de Paris. Il a d'ailleurs fait un calcul nouveau sur les effets du surcroît de résistance de l'air pendant la compression, résultant de ce que cet air s'échauffe, mais en supposant qu'il ne se perde point de chaleur pendant cette compression. Il trouve que si la hauteur de la colonne comprimante est de vingt-cinq mètres au moment où la compression commence, cette colonne liquide partant du repos, on se rend assez bien compte de la hauteur de la chambre de compression de l'air telle qu'elle a été obtenue par tâtonnements, de manière que la colonne liquide s'arrête au sommet après avoir comprimé et refoulé dans le récipient une colonne d'air de la hauteur de cette chambre de compression.

Mais la *Relazione della Direzione technica alla Direzione delle strade ferrate dello Stato*, Turin 1863, dit formellement, p. 30 : « 26 metri segnano l'altezza o battente della colonna compri- » mente, quando comincia ad agire. » Or la hauteur de la colonne comprimante étant multipliée par deux, dans le premier

terme de la formule qui exprime la hauteur de la chambre de compression, et ce terme étant positif, cela fait une différence de deux mètres en plus, c'est-à-dire d'environ moitié en sus dans le calcul de cette dernière hauteur.

Quoi qu'il en soit, selon les *Relazioni technice intorno al perforamento delle Alpi*, la chaleur développée dans la colonne d'air serait bien moindre que celle qui est calculée, au moyen d'une formule connue, dans le mémoire dont il s'agit. La colonne liquide comprimante se renouvelle à chaque période dans des limites suffisantes pour diminuer l'échauffement de l'air et des parois de la chambre de compression, même abstraction faite des autres causes de refroidissement. Or si l'on admet des chances d'erreur, même considérables, dans le mode d'observation, il restera cependant à expliquer comment la hauteur de la chambre de compression (1) peut être tellement diminuée si le surcroît de ressort de l'air provenant de l'échauffement est bien moindre que ne le suppose le mémoire dont il s'agit.

M. de Caligny en conclut qu'il faut absolument avoir recours aux considérations indiquées dans sa note du 2 mars 1861, et dans un mémoire qui a été l'objet d'un rapport favorable à l'Académie des sciences de Belgique. Il espère que les observations sur les effets de la chaleur aux compresseurs du tunnel des Alpes pourront, au moyen du développement des considérations précédentes, servir à étudier les questions relatives à l'équivalent mécanique de la chaleur et aux capacités calorifiques de l'air sous des volumes et des pressions variables, quand on connaîtra mieux la partie du déchet provenant de ce qu'on est convenu d'appeler résistances passives.

La nouvelle théorie de la chaleur étant très-délicate, on a pu croire qu'il y aurait, d'après des considérations analogues aux précédentes, un avantage réel à diminuer l'échauffement de l'air, en élargissant la chambre de compression dans certaines limites. M. de Caligny a repris cette question à un autre point de vue. Il résulte de ses expériences sur les oscillations de l'eau dans les tuyaux de conduite que, dans des limites très-

---

(1) En appliquant une formule de la p. 31 du mémoire tiré à part dont il s'agit, M. de Caligny trouve que la hauteur de la chambre de compression serait de 16,^{m}4585 s'il n'y avait ni résistances passives ni changement de température.

étendues, il est avantageux d'augmenter la longueur de la partie des tuyaux toujours pleins de liquide, l'augmentation de longueur des surfaces frottantes ne compensant pas la diminution des résistances passives proportionnelles aux carrés des vitesses, quand il y a des résistances *locales*, telles que des coudes. Il était donc intéressant pour l'art de l'ingénieur de savoir s'il serait utile de se servir de cette propriété du système pour diminuer la perte de travail provenant de l'échauffement de l'air, l'avantage qui résulterait de cet allongement des tuyaux de conduite n'ayant. au delà de certaines limites, qu'une importance minime, M. de Caligny ne croit pas qu'au point de vue de l'échauffement de l'air, il y ait avantage soit à faire les frais de cet allongement, soit à élargir la chambre de compression dans les limites où cela se pourrait d'ailleurs, sans qu'il en résultât trop de perte de force vive. On admet, en effet, que, pour une même réduction d'un volume d'air donné, si l'on ne trouve pas dans cet air après la compression autant de chaleur que s'il ne s'en perdait pas à l'extérieur, cela ne fait rien gagner en travail mécanique résultant d'un meilleur effet calorifique, si l'on peut s'exprimer ainsi, à cause de la manière dont s'est répandue à l'extérieur la chaleur qui, d'après les nouvelles idées, n'en est pas moins une cause de disparition de travail, soit qu'on la retrouve dans une masse d'air comprimé, dont on ne pourra se servir qu'après l'avoir laissé refroidir, quand on sera dans des conditions analogues à celles du tunnel des Alpes. Si l'on supposait la partie horizontale des siphons renversés beaucoup plus longue, la quantité de chaleur dont on aurait à étudier l'effet résistant sur la tête de la colonne liquide comprimante serait beaucoup moindre à chaque instant; mais la durée de chaque pulsation étant beaucoup plus longue, de quelque manière qu'on retourne la question, M. de Caligny trouve qu'au point de vue dont il s'agit, l'allongement du tuyau de conduite ou l'élargissement de la chambre de compression n'épargnerait pas la quantité de travail mécanique résultant dans ces conditions des effets calorifiques. On conçoit d'ailleurs qu'il peut être utile, pour des raisons étrangères au calcul du travail, de restreindre l'échauffement de l'air; mais cela ne rentre pas dans l'objet de cette note.

Quant au mémoire précité de M. Coriolis, quoiqu'il ait été mis depuis vingt-cinq ans dans le cours de l'école Polytechnique, et soit mentionné par M. Binet dans la notice sur les travaux de

M. Coriolis, publiée par le journal *l'Institut*, comme il offre, d'après ce qui précède, un nouvel intérêt d'actualité, M. de Caligny pense qu'il n'est peut-être pas inutile de dire qu'ayant relu le mémoire la plume à la main, il s'est aperçu que quelques fautes d'impression en rendaient la lecture difficile, lorsqu'on n'en était pas averti. Il rappelle d'ailleurs que, dans un rapport sur un travail de M. de Caligny, lu par M Coriolis dans la séance de l'Académie des sciences de Paris du 20 août 1838, en son nom et en celui de MM. Savart, Poncelet, Séguier et Savary, cet illustre savant voulut bien dire qu'il était parvenu à des nombres peu différents de ceux que M. de Caligny avait trouvés « *au moyen d'ingénieuses combinaisons géo-* » *métriques.* »

ICHTHYOLOGIE. — M. Armand Moreau a communiqué, dans cette séance, la note suivante sur l'air de la vessie natatoire des Poissons.

Dans une note précédente, j'ai annoncé que je ferais connaître les conditions dans lesquelles il faut placer un Poisson pour faire augmenter de plus en plus la proportion d'oxygène contenue dans l'air de la vessie natatoire.

Je parlerai d'abord des Poissons dont la vessie natatoire possède un conduit aérien, conduit à l'aide duquel le Poisson peut chasser au dehors l'air de la vessie natatoire, ou emprunter celui de l'atmosphère en venant à la surface de l'eau.

Le Poisson placé dans un vase plein d'eau est mis sous la cloche d'une machine pneumatique ; à mesure que l'air se raréfie, les bulles de gaz sortent de la vessie natatoire par le canal aérien, et s'échappent hors des ouïes et de la bouche. Quand on juge, par la quantité d'air expulsé et par l'abaissement du baromètre qui mesure la pression intérieure de l'appareil, que la presque totalité de l'air est sortie de la vessie natatoire, on fait rentrer dans la cloche l'air atmosphérique ; le Poisson qui, jusque-là, nageait facilement, tombe aussitôt au fond de l'eau à cause de l'augmentation de sa densité. En effet, la vessie natatoire dont l'air est raréfié diminue immédiatement de volume sous le poids de l'atmosphère. On le transporte alors en ayant soin qu'il ne sorte pas la tête de l'eau, et on le plonge dans un grand bassin où l'eau se renouvelle incessamment. Le Poisson repose alors sur le fond du bassin où le retient sa densité aug-

mentée. Il y reste et rampe plutôt qu'il ne nage; par moments, il s'efforce de monter à la surface de l'eau, mais, devenu trop lourd, il ne s'arrache qu'avec peine de la surface du diaphragme disposé d'avance au-dessous de cette surface et retombe sans avoir pris une bulle d'air. Au bout de quelques jours, et, pour certaines espèces, au bout de quelques heures, le Poisson commence à nager plus facilement; je juge à ce signe que la vessie natatoire s'est remplie d'un air nouveau, air qui n'a pu être emprunté à l'atmosphère; je le sacrifie alors par la section de la moelle épinière pratiquée sous l'eau, j'applique une ligature sur le canal aérien, et je porte la vessie natatoire sur la cuve à mercure pour déterminer la composition chimique de l'air nouveau qu'elle contient.

L'analyse de cet air révèle, comme on va le voir, une proportion d'oxygène bien supérieure à celle qui se trouvait dans l'air expulsé par l'action de la machine pneumatique et bien supérieure aussi à celle que contient l'air dissous dans l'eau. Je vais citer des exemples.

Huit Tanches (*Cyprinus tinca*) furent prises dans les mêmes conditions; parmi elles, sept furent sacrifiées par la section de la moelle épinière; l'air de leur vessie natatoire fournit une proportion d'oxygène inférieure à 8 p. 100 pour chacune d'elles. La huitième fut soumise aux conditions expérimentales que je viens d'indiquer et sacrifiée au bout de 15 jours. L'air de la vessie natatoire offrait alors 60 p. 100 d'oxygène.

Trois Congres (*Muræna conger*) furent pris dans des conditions identiques. L'un d'eux, sacrifié immédiatement, présenta 30 p. 100 d'oxygène. Un autre fut soumis à l'action de la machine pneumatique jusqu'au moment où la colonne de mercure fut descendue à 20 centimètres de hauteur, puis il fut replacé dans un bassin d'eau de mer; sacrifié deux jours après, il présenta 62 p. 100 d'oxygène. Le troisième fut soumis une première fois à l'action de la machine pneumatique mesurée par une colonne de mercure de 9 centimètres de hauteur, puis porté dans le bassin d'eau de mer; le lendemain il fut soumis une seconde fois et avec les mêmes précautions à l'action de la machine pneumatique dans le but de faire sortir plus complétement l'air ancien resté dans la vessie natatoire. Il fut reporté ensuite dans le bassin d'eau de mer et sacrifié après; l'analyse de l'air de la vessie natatoire montra que l'oxygène s'y élevait à 87 p. 100.

Je ne multiplierai pas davantage ici les exemples; ceux que je viens de citer montrent des faits nouveaux, à savoir : que, chez les Poissons qui possèdent un canal aérien et qui ont été placés dans l'impossibilité d'emprunter le gaz de l'air atmosphérique, la vessie natatoire se remplit d'un air nouveau, singulièrement riche en oxygène; et, de plus, que l'air se renouvelle même dans les espèces dont la vessie natatoire ne possède pas les organes vasculaires connus sous le nom de corps rouges.

Je vais maintenant parler des Poissons qui ont la vessie natatoire complétement close. Comme on ne saurait employer avec ces Poissons le procédé de la machine pneumatique, voici celui que j'ai mis en usage pour enlever l'air de la vessie natatoire. Je pratique sur ces Poissons la ponction de la vessie natatoire à l'aide d'un trocart fin et je recueille sous l'eau une partie de l'air conteu dans cet organe. L'épaisseur des tissus qu'il faut traverser fait que la plaie très-étroite, produite par le trocart, se referme à mesure qu'on retire cet instrument et ne laisse point entrer dans la vessie l'eau extérieure. Après la ponction, je laisse vivre le Poisson dans les meilleures conditions physiologiques et je le sacrifie au bout d'un ou de plusieurs jours. Voici quelques exemples :

Quatre Perches (*Perca fluvialis*) furent prises dans les mêmes conditions et ponctionnées sous l'eau; l'air de leur vessie natatoire contenait une proportion d'oxygène comprise entre 19 et 25 p. 100; elles furent sacrifiées au bout de dix jours; la proportion d'oxygène était alors comprise entre 40 et 65 p. 100.

Une Dorade (*Sparus aurata*) fournit par la ponction un air contenant 16 p. 100 d'oxygène. Sacrifiée deux jours après, elle donna 58 p. 100. Une autre Dorade fournit 17 p. 100, elle est sacrifiée le lendemain et donne 59 p. 100. Un Labre (*Labrus variegatus*) offre à la première ponction 10 p. 100 d'oxygène et à la seconde, 24 heures après, 57 p. 100. Un autre Labre 18, puis 85 p. 100.

Dans ces expériences, on ne peut arriver à obtenir que la vessie natatoire soit tout à fait vidée ; il reste donc une fraction de l'air qu'elle contenait, air possédant une forte proportion d'azote. Si on considère que l'air retiré finalement quand on sacrifie le Poisson est mélangé avec cette fraction d'un air ancien très-riche en azote, et que ce mélange contient cependant

une proportion d'oxygène qui peut s'élever à 85, 87 p. 100 et au delà, on est conduit à penser que c'est de l'oxygène pur qui apparaît dans la vessie natatoire. Un problème nouveau de physiologie générale s'offre donc à l'esprit. Ainsi le physiologiste est maître de faire augmenter à volonté la proportion d'oxygène dans la vessie natatoire. Mais il importe pour cela qu'il se place dans les meilleures conditions possibles, afin que le Poisson soit dans un état normal ou de santé; hors de cet état, en effet, j'ai toujours vu le renouvellement de l'air se faire avec lenteur et l'air nouveau n'offrir qu'une faible proportion d'oxygène. Il importe aussi, si l'on veut avoir une proportion maximum d'oxygène, de ne pas attendre au delà d'un certain temps pour analyser l'air de la vessie natatoire.

Après avoir parlé des conditions dans lesquelles l'oxygène augmente, je dois rappeler celles dans lesquelles il diminue. Dans une précédente note, j'ai dit que l'asphyxie est la condition qui fait diminuer la proportion d'oxygène dans la vessie natatoire, et de plus que cette proportion diminue peu à peu et n'est égale à zéro que dans les derniers instants de la vie du Poisson. J'ajouterai que, si l'on veut obtenir la disparition complète de l'oxygène, il importe de faire asphyxier le Poisson dans une quantité d'eau d'autant plus grande qu'il est plus vigoureux et qu'il possède dans sa vessie natatoire un air plus riche en oxygene. Si l'on néglige cette précaution, on pourra encore trouver une forte proportion de ce gaz après la mort. C'est ainsi qu'après avoir, sur un Labre très-vigoureux, fait monter très-haut, au moyen de ponctions répétées, la proportion de l'oxygène, je plaçai ce Poisson dans une quantité d'eau qui suffisait à peine pour lui permettre de se mouvoir; il y périt très-rapidement, offrant dans sa vessie natatoire un air qui contenait encore 56 p. 100 d'oxygène.

Les Poissons dont la vessie natatoire ne possède pas de corps rouges ne m'ont offert qu'une diminution relativement faible de la proportion d'oxygène lorsque je les ai soumis à l'asphyxie.

Il est superflu de parler des variations de l'azote, ce gaz s'offrant dans l'air de la vessie natatoire comme étant le complément de l'oxygène.

Je n'ai pas parlé de l'acide carbonique; il existe cependant dans l'air de la vessie natatoire; mais, dans la plupart des espèces que j'ai étudiées, j'ai trouvé qu'il ne s'élevait que rarement au-dessus de 2 à 3 p. 100. De plus, j'ai vu que ces pois-

sons, soumis à l'asphyxie, n'offraient pas une augmentation de ce gaz en rapport avec la diminution de l'oxygène. L'étude des variations de l'acide carbonique exige des expériences spéciales. Je n'en parle pas ici.

Je résume mes deux notes en disant : L'air de la vessie natatoire offre une composition qui, relativement à la proportion d'oxygène, peut varier dans les conditions suivantes :

1° L'oxygène diminue et disparaît dans l'asphyxie et autres conditions morbides;

2° Chez les Poissons à vessie natatoire ouverte, comme chez les Poissons à vessie natatoire close, l'air se renouvelle sans être emprunté à l'atmosphère, et la rapidité de ce renouvellement est en raison de la vigueur du Poisson;

3° L'air nouveau présente une proportion d'oxygène bien supérieure à la proportion de ce gaz contenue habituellement dans l'air de la vessie natatoire, et bien supérieure aussi à la proportion contenue dans l'air dissous dans l'eau.

J'ai fait à Paris celles de ces expériences qui ont rapport aux Poissons d'eau douce; j'ai fait les autres à Concarneau, en Bretagne, dans les bassins de l'aquarium qu'un membre de l'Académie des sciences, M. Coste, a fondé dans un but essentiellement pratique, tout en y réservant une place pour des recherches de pure théorie.

Séance du 7 novembre 1863.

Communication a été faite à la Société dans cette séance de la note suivante sur l'application de la théorie mécanique de la chaleur au compresseur hydraulique du tunnel des Alpes, par M. Achille Cazin, docteur ès sciences, professeur au lycée de Versailles.

A l'aide de constructions géométriques analogues à celles qui sont usitées dans la théorie thermodynamique, on rend très-simple la démonstration d'une relation entre la partie de la chute d'eau non utilisée dans le compresseur hydraulique et la chaleur dégagée par l'air comprimé.

Lorsqu'on emploie une colonne d'eau donnée pour amener de l'air à une pression donnée et qu'on utilise ensuite cet air revenu à la température ordinaire en le laissant se détendre

dans un cylindre moteur, le rendement ne dépend pas de la loi de la compression : il dépend seulement de la loi de la détente, et il y a deux sortes de pertes de travail complémentaires, dont l'une est le travail effectué par l'eau contenue dans la chambre de compression, lorsqu'elle se vide à la fin de la pulsation, et dont l'autre est due à la chaleur rendue aux corps extérieurs pendant la succession des changements survenus dans l'état de l'air depuis sa compression jusqu'à son retour à la pression et à la température ordinaires : la somme du premier travail et de l'équivalent mécanique de la chaleur disponible est indépendante de la loi de la compression, bien que chacun de ces travaux en dépende et que cette loi serve à déterminer les dimensions de la chambre de compression.

Dans les machines disposées à Bardonnèche, la hauteur de chute est 25^m ; la pression de l'air comprimé est $6^{atm.},65$. On ne connaît ni la loi de la compression, ni celle de la détente ; mais on peut calculer approximativement les pertes en déterminant es valeurs limites entre lesquelles elles sont comprises.

Si l'on suppose que la loi de la détente est celle de Mariotte dans le cylindre moteur, le travail disponible par mètre cube d'air à la pression atmosphérique est 16765^k, de sorte que la chute d'eau représentant 25000_k environ, le rendement maximum est 0,67.

Considérez maintenant deux compresseurs utilisant la chute pour produire la même pression, mais comprimant l'air suivant deux lois différentes : l'une, par exemple, suivant la loi de Mariotte, et l'autre sans émission de chaleur avec élévation de température. Dans le premier cas, on trouve, en négligeant les résistances passives, que la hauteur de la chambre de compression doit être $16^m,5$. En supposant la capacité de la chambre de 1 mètre cube, on a 8235^k pour le travail produit par la sortie de l'eau, et que l'on perd actuellement ; il n'y a pas de chaleur disponible. En ajoutant 16765 et 8235 on trouve le travail total de la chute 25000. Dans le second cas, la hauteur de la chambre doit être $5^m,27$. En supposant encore la capacité de cette chambre de 1 mètre cube, on a 2635^k pour le travail perdu de la chute. Mais il y a de la chaleur disponible. Lorsque l'air est comprimé sans émettre de la chaleur au dehors, sa température s'élève beaucoup : or il ne doit être utilisé dans le cylindre moteur que lorsqu'il est refroidi, et, pendant ce refroidissement, il cède une certaine quantité de chaleur aux corps extérieurs. En se déten-

dant ensuite pour produire le travail moteur utilisé, il reprend une partie de cette chaleur aux corps extérieurs, et ce qui reste est de la chaleur réellement disponible. Cette chaleur équivaut à 5600^{k}. En ajoutant les deux pertes 2635 et 5600 aux 16765^{k} pris à la chute, on retrouve 25 000, c'est-à-dire le travail total de cette chute. L'énoncé très-général donné plus haut est ainsi suffisamment expliqué.

A Bardonnèche la hauteur de la chambre de compression est 4^{m},02; par suite, on perd sur la chute totale 2010^{k}, c'est-à-dire environ $\frac{1}{12}$. Quant à la chaleur disponible, il est probable que la fraction $\frac{5600}{25000}$ donnée par le calcul précédent est un minimum.

On peut utiliser aisément, comme l'a indiqué M. de Caligny, le travail de l'eau de sortie; mais la chaleur ne peut être utilisée que par un moteur contigu à la chambre de compression, ce qui n'est pas le cas du tunnel des Alpes. Il semble donc qu'au point de vue du bon emploi de la chute, il vaudrait mieux comprimer l'air suivant la loi de Mariotte, parce qu'on pourrait disposer du travail de l'eau qui sort de la chambre de compression.

Quant au parti qu'on pourrait tirer de ces compresseurs pour des expériences relatives à la théorie thermodynamique, il est certain qu'on pourrait faire avec ces grands appareils ce que M. Hirn a fait avec la machine à vapeur. Les expériences seraient analogues à celles de M. Joule sur la compression de l'air; mais une telle recherche ne paraît pas être de nature à faire avancer beaucoup la théorie mécanique de la chaleur.

— M. de Caligny a communiqué dans cette séance 1° un résultat d'expériences sur son système d'écluses de navigation dont il a entretenu la Société le 15 novembre 1862; 2° le principe d'une turbine à lames liquides oscillantes; 3° des observations sur les ondes; 4° un programme d'expériences proposé pour les compresseurs à colonnes d'eau qui fonctionnent au mont Cenis, avec quelques modifications sur la valeur desquelles il ne se prononce pas ici.

I. Les expériences sur l'écluse dont s'agit ont été interrompues et le seront encore pour quelque temps, par des causes de force majeure. M. de Caligny croit donc utile de faire savoir, provisoirement du moins, que quelques essais ont déjà pu être faits sur l'appareil à deux têtes tel qu'il a décrit dans la séance au procès-verbal de laquelle on renvoie pour abréger (V. *l'Institut*, 1862). On n'a encore étudié sur ce grand ap-

pareil que le mode de vidange de l'écluse dont une partie de l'eau est relevée au bief supérieur. Jusqu'à présent, la seconde tête n'a pas augmenté l'effet utile. Mais l'opération s'est faite plus vite et avec beaucoup moins de périodes. Ainsi, la section de l'écluse étant à peu près celle des écluses du canal du centre et les tuyaux de conduite fixe ayant seulement un mètre de diamètre intérieur, la partie utile de l'opération s'est faite en cinq minutes environ, et avec six périodes de la machine, en présence de plusieurs personnes. La manœuvre n'est pas d'ailleurs encore étudiée à fond; mais on avait toujours craint qu'elle ne durât trop longtemps et n'exigeât trop de périodes de l'appareil. Ce premier résultat a donc une importance pratique.

II. M. de Caligny, en étudiant pour ses recherches historiques le *Theatrum machinarum* de Bockler (planche 44), a eu l'idée d'appliquer à une roue hydraulique horizontale le principe des lames liquides oscillantes de la roue verticale à aubes courbes de M. Poncelet d'une manière qui rentre dans les idées sur lesquelles repose cette dernière roue. M. Poncelet a considéré sa roue verticale comme posée horizontalement *sans lames liquides oscillantes*. M. de Caligny propose d'employer une forme analogue à celle de la roue de Borda, mais en faisant arriver l'eau motrice par dessous au lieu de la faire arriver par dessus. Comme il ne paraît pas qu'on ait pensé à appliquer ainsi à une roue horizontale l'idée des lames liquides oscillantes qui ont si bien réussi pour les roues verticales, il est possible que cette idée ait aussi ses avantages, et il la signale, en reconnaissant d'ailleurs que si elle est nouvelle et utile, c'est principalement à M. Poncelet que l'honneur doit en revenir. Cette idée lui paraît si simple qu'il hésiterait à la publier, s'il ne lui était déjà arrivé plusieurs fois de voir présenter par d'autres personnes des idées qu'il croyait trop simples pour les signaler lui-même. Il est à peine nécessaire d'ajouter, dit-il, que la théorie de cette roue à lames liquides oscillantes différant nécessairement très-peu dans certaines conditions de celle de la roue verticale à aubes courbes de M. Poncelet, les études faites sur cette dernière simplifient déjà beaucoup l'état de la question. Il y a sans doute des différences provenant des effets de la force centrifuge; on peut les atténuer en disposant les aubes courbes entre deux surfaces cylindriques verticales concentriques auxquelles on pourra provisoirement supposer la génératrice de chaque aube courbe perpendiculaire, en attendant que des recherches ultérieures aient

montré d'une manière rigoureuse la courbure la plus convenable pour ces aubes. Il est probable que, dans les premiers essais du moins, il sera convenable de disposer d'autres surfaces cylindriques concentriques entre les deux surfaces cylindriques extrêmes, pour mieux diriger les mouvements de l'eau. M. de Caligny n'entre pas ici dans les détails de la forme du coursier, pensant d'ailleurs que M. Girard a étudié quelque chose de semblable pour amener l'eau motrice dans des aubes courbes disposées sous les wagons d'un chemin de fer étudié par ce dernier, et dont il n'a pas suffisamment connaissance. M. de Caligny n'ignore pas qu'on a souvent proposé de faire arriver l'eau au-dessous des turbines par le centre. Il ne croit pas cependant qu'on ait présenté l'idée précédente dont l'utilité seule peut faire le mérite, sans qu'il y attache aucune prétention, et sans pouvoir même répondre qu'elle soit nouvelle. Quant à la courbure inférieure des aubes et à leur disposition générale, les études de M. Poncelet sur les roues verticales à aubes courbes suffisent pour en donner une idée.

III. On renvoie, pour abréger, aux communications faites par l'auteur sur le mouvement des ondes dans les séances du 18 décembre 1858 et du 18 janvier 1862 et publiées dans *l'Institut*. Le mouvement de l'écume des flots de la mer, dans les observations relatées au procès-verbal de cette dernière séance, étant plus fort à la surface, dans la direction apparente des ondes, en avant qu'en arrière, il est intéressant de pouvoir se représenter les trajectoires des molécules de la surface comme ayant de l'analogie avec l'axe d'une corde formant ce que Hachette appelle *nœud de l'artificier*, dans son Traité des machines (planche 1re du chapitre 3, figure 3). Il résulte de ce qui a été dit dans la séance du 18 décembre 1858, qu'en général, sauf des causes de progression particulière au temps ou aux localités, quand il y a ainsi un mouvement de progression à la surface et que les profondeurs d'eau ne dépassent pas certaines limites, il y a au fond de l'eau un mouvement de recul disposé de telle sorte qu'en définitive il n'y a pas, dans la masse totale du liquide, de transport sensible lorsqu'il n'y a pas des ondes dites *courantes*.

M. de Caligny a eu l'occasion d'étudier le mouvement des ondes produites dans un canal par le mouvement oscillatoire imprimé d'une manière suffisamment prolongée à un bateau plat ordinaire, de six mètres de long dans sa plus grande lon-

gueur perpendiculaire à l'axe du canal, qui avait une profondeur d'eau d'un mètre, neuf mètres quatre-vingts centimètres de largeur au fond de l'eau, et douze mètres deux décimètres de largeur au niveau de l'eau. Sa longueur était de quatre-vingt-un mètres soixante centimètres d'une extrémité jusqu'à un pont qui limitait la vue. La vitesse des ondes courantes produites par le balancement du bateau a pu être ainsi comparée à la vitesse assez sensiblement connue qu'aurait eue une *onde solitaire* dans le même canal. M. de Caligny n'a pas observé dé différence sensible entre la vitesse de ces deux espèces d'ondes : ces observations a'ayant pas eu d'ailleurs toute la rigueur qu'il aurait désirée, il signale cette manière de les faire aux personnes qui ont des pièces d'eau semblables à leur disposition.

IV. Dans la séance du 31 octobre dernier, l'auteur a remarqué que les compresseurs à colonnes d'eau du tunnel des Alpes pouvaient servir à faire des observations sur des phénomènes pen connus de la chaleur. Il paraît que cela a pu être contesté en ce sens qu'il serait difficile de s'en servir pour déterminer des chiffres aussi rigoureux que ceux qui sont exigés par les physiciens pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur. Ce n'est pas, en effet, précisément sous ce point de vue qu'il signale l'utilité de ces observations. Il pense qu'elles offrent surtout un moyen de constater sur une très-grande échelle l'insuffisance de l'ancienne théorie de la chaleur, pour expliquer des faits déjà observés dans cette localité. Il regarde comme très-important de joindre aux observations sur la chaleur celles qui pourraient servir à préciser la partie du déchet provenant de toutes les autres causes. Ainsi, il regarde comme essentiel de mesurer par expérience, en employant les moyens les plus précis, la durée du mouvement ascensionnel de la colonne liquide comprimante, depuis le moment où elle part du repos jusqu'à celui où sa vitesse s'éteint au sommet de la chambre de compression. Si l'on connaît la hauteur de cette dernière, on aura un premier moyen d'étudier la partie du déchet provenant des frottements du liquide et des divers genres de résistances éprouvées par ce liquide dans les coudes et les diverses parties de la colonne en mouvement. Quand on connaîtra bien le déchet total, il suffira, si l'on connaît le sommet de toutes les causes de déchet appartenant à la partie mieux connue de la mécanique, de faire une soustraction pour apprécier la partie du déchet résultant des effets calorifiques, et en

général des causes physiques, que l'état actuel de nos connaissances ne paraît point permettre de déterminer encore *a priori*.

Séance du 28 novembre 1863.

M. J. Janssen a mis dans cette séance sous les yeux des membres de la Société des cartes spectrales du soleil montrant la distinction des raies dues à l'action de notre atmosphère de celles qui appartiennent en propre à la lumière solaire. Il a lu en même temps à ce sujet la note que voici :

Sans faire ici l'historique de cette question, je dirai qu'au moyen des dispositions optiques que j'ai employées, je puis suivre dans le spectre deux sortes de raies ; les unes, d'intensité constante, qui sont les raies solaires proprement dites ; les autres, variables en intensité avec la hauteur du soleil, quoique toujours visibles dans le spectre, et qui me paraissent devoir être attribuées, d'une manière incontestable, à l'action de notre atmosphère. Ces raies prennent, pour la plupart, une intensité considérable le soir et le matin ; aussi, un grand nombre de raies solaires qui, dans le milieu du jour, surpassent beaucoup en intensité des raies telluriques voisines sont surpassées à leur tour par celles-ci quand le soleil s'abaisse sur l'horizon. Les groupes telluriques gardent, au contraire, les mêmes rapports d'intensité entre eux pendant toute la durée du jour.

Ces faits me paraissent destinés à modifier beaucoup nos idées sur les conditions de la production des raies par les substances gazeuses. Je pense aussi qu'on pourra en tirer un utile parti pour la recherche de la composition des atmosphères des planètes, sujet dont j'espère pouvoir m'occuper lorsque les cartes que je présente seront terminées.

Séance du 5 décembre 1863.

PHYSIOLOGIE. *Greffe animale. Rétablissement de la circulation sanguine et propagation de la sensibilité, dans un membre greffé, en sens inverse de leur cours normal.* — M. Paul Bert, en présentant une note sous ce titre, a mis sous les yeux de la

Société un Rat albinos sur lequel a été pratiqué le 8 mai dernier (il n'avait alors que trois semaines) l'opération suivante :

L'extrémité de sa queue a été écorchée sur une largeur de $0^m,05$; un trou a été pratiqué à la peau du dos, et une loge creusée dans le tissu cellulaire sous-cutané à l'aide d'un instrument mousse. Les muscles fléchisseurs de la queue ayant été préalablement coupés, cet organe est recourbé sur le dos, sa partie dénudée introduite dans la loge préparée, et les bords cutanés des deux plaies réunis par quatre points de suture.

Le 15, section circulaire de la peau; le 17, ligature très-serrée, et le 18, amputation de la queue à 1 centimètre environ de l'anus; le tronçon libre mesure à peu près 25 millimètres.

A ce moment, il s'en faut de beaucoup que les lèvres cutanées soient accolées ; cependant le sang revient en nappe par l'extrémité du tronçon amputé : il y a donc évidemment des anastomoses profondes établies. Aussi, après quelques heures, ce tronçon, d'abord pâle, reprend sa couleur normale et donne, quand on le pique, de la sérosité et du sang. La cicatrisation, qui marche un peu plus lentement sur le tronçon que sur le moignon de la queue, est terminée du reste aux deux sections, du 20 au 25 juin, après l'élimination de fragments de vertèbres.

La circulation s'est donc rétablie dans le fragment parasitaire, et il est facile de voir qu'elle s'est rétablie dans une direction inverse de celle qu'elle suivait d'abord, le sang artériel marchant désormais dans ce morceau de queue, du petit bout vers le gros bout, et le sang veineux au contraire du gros bout vers le petit bout, du bout primitivement central vers le bout primitivement périphérique. Cependant sa rapidité paraît être la même que si elle s'exécutait dans les conditions normales, — au moins deux mois après l'opération, car dans les premiers temps le tronçon caudal était évidemment œdématié; — en effet, ayant le 15 juillet ébarbé son extrémité et l'ayant plongée dans un doigt de gant qui contenait de l'extrait aqueux de belladone, on a vu la dilation pupillaire apparaître au bout du même temps qu'en agissant sur une queue en place.

La nutrition, pour être un peu ralentie, n'en a pas moins continué. Une formation et une desquammation épidémiques considérables se sont faites sur le tronçon parasitaire. Enfin, ce tronçon a notablement grandi : le 15 juillet, le moignon mesurait 18 millimètres, le fragment de queue incluse 7 centimètres environ, et le bout libre 31 millimètres; ce qui donne

pour la partie restée en place un allongement de 80 pour 100, le parasite interne ayant grandi seulement de 40 pour 100, et l'externe de 30 pour 100. La somme de ces trois longueurs est à peu près celle de la queue intacte d'un rat du même âge que celui en expérience.

A cette époque, aucun signe de sensibilité ne se manifestait dans la partie parasitaire externe. Mais au milieu d'août, il sembla que, quand on le piquait ou le pinçait violemment, l'animal avait quelque conscience de ces lésions. Vers les derniers jours d'octobre, il fut évident que le rat, dans ces circonstances, s'agitait et témoignait de la douleur, quoiqu'il ne criât pas. A la date où cette note a été rédigée, 9 novembre, si l'on pinçait le tronçon caudal, le rat criait et cherchait à fuir : la sensibilité était revenue, mais bien peu vive encore.

Donc cinq mois et demi se sont écoulés avant qu'elle ait reparu d'une manière bien nette. Pendant ce temps un triple travail s'est accompli dans les nerfs de la queue, triple travail d'altération, puis de régénération et de cicatrisation avec des ramuscules nerveux qui se rendaient primitivement à la peau du dos. Or, dans ces nerfs de la queue, la propagation de l'ébranlement d'où résulte la semation se fait évidemment — comme la circulation du sang dans les vaisseaux, — en sens inverse de son cours naturel, suivant une direction qui était, avant l'opération, centrifuge. Les tubes nerveux sont donc aptes à conduire indifféremment une impression dans un sens ou dans l'autre, et peuvent être impunément retournés bout par bout. Il devient donc extrêmement vraisemblable que, dans l'état normal, *in situ*, toute excitation portée sur le trajet d'un filet nerveux est transmise également suivant les deux directions centrifuge et centripète, à la façon d'une onde sonore, par exemple. Seulement, la perception ne peut s'en opérer que du côté central, parce que cette extrémité du nerf correspond seule à un appareil de réceptivité.

Si l'on rapproche de cette expérience celle si remarquable de MM. Philipeaux et Vulpian sur la soudure du nerf hypoglosse avec le nerf lingual, on se trouve, à l'exemple de M. Vulpian (*Gaz. hebd.* 1863, p. 54), très-disposé à conclure que les nerfs sont simplement des conducteurs semblables les uns aux autres, possédant la propriété de transmettre les impressions qu'ils reçoivent, que ces impressions viennent du dehors ou du dedans, qu'elles mettent en jeu la sensibilité ou la motricité. En d'autres

termes, qu'ils ne se définissent que par les connexions de leurs extrémités. Si leur extrémité d'origine est en rapport avec un centre récepteur, l'impression est perçue, il y a sensation; si leur extrémité de terminaison est en rapport avec des parties douées de motricité, l'impression agissant sur elles détermine le mouvement. Dans l'état normal, les nerfs qui viennent d'un centre apte à percevoir se terminent dans des appareils de sensation; ceux qui se terminent dans des appareils moteurs, aboutissent à des parties centrales qui ne perçoivent pas, mais qui réfléchissent et engendrent l'ébranlement moteur. Mais le physiologiste est maître de modifier ces conditions naturelles et d'obtenir par des entre-croisements nerveux des effets réciproquement inverses : c'est ce qu'ont fait MM. Philipeaux et Vulpian.

Revenant à la queue parasitaire externe, je ferai remarquer. dit M. Bert, qu'aujourd'hui, quand on le pince, l'animal ne sait pas trouver le lieu de la lésion. Il paraît la rapporter à la région du dos, là où se distribuaient autrefois ces petits nerfs divisés avec lesquels ont dû se réunir les filets nerveux de l'extrémité caudale mise à nu. Mais je ne mets pas en doute qu'il ne finisse par faire son éducation, et par reconnaître. à force d'expériences quotidiennes, l'endroit où on le blesse. Il témoignera ainsi que le sentiment prétendu inné que nous avons du lieu qu'occupent dans l'espace chacune des parties de notre corps, n'est, comme toutes nos connaissances, qu'un fruit de l'expérience. Peut-être, cependant, faudra-t-il, pour bien constater ce curieux résultat, répéter l'opération sur des animaux plus intelligents et plus faciles à observer que des Rats.

Séance du 12 décembre 1863.

ANATOMIE COMPARÉE. *Formule du système musculaire dans la larve du* Corethra plumicornis. — M. Alix a fait dans cette séance la communication suivante :

« La larve du *Corethra plumicornis*, Insecte de la famille des Tipulidés, appartient au groupe de ces larves aquatiques désignées par Réaumur sous le nom de *vers polypes*. Sa transparence est une circonstance favorable dont les observateurs ont su tirer parti pour étudier la disposition des organes intérieurs. On a pu, sans dissection, examiner le tube digestif, l'appareil

vasculaire, et le système nerveux dont les détails apparaissent comme si l'objet n'était recouvert que d'une lamelle de cristal. Il n'est pas moins intéressant d'étudier, chez ces animaux, la disposition du système musculaire. Au premier abord, on voit, comme dans un kaléidoscope, une foule de faisceaux entrecroisés formant un réseau en apparence inextricable. Mais en prolongeant l'examen, l'ordre se fait peu à peu dans ce chaos; les faisceaux se distinguent les uns des autres, se groupent entre eux, et toute cette complication vient se résoudre en une formule facilement intelligible et d'une grande simplicité.

Cette formule doit être cherchée dans la contemplation des anneaux de l'abdomen.

Il y a des faisceaux musculaires longitudinaux parallèles à l'axe du corps, et des faisceaux obliques.

Les faisceaux longitudinaux forment trois séries : une supérieure, une moyenne et une inférieure.

Les faisceaux de la série supérieure sont placés le long de la ligne médio-dorsale. Ceux de la série moyenne, à l'union du tiers supérieur de la hauteur du corps avec les deux tiers inférieurs. Ceux de la série inférieure, le long de la ligne médio-ventrale.

Chacun de ces faisceaux a deux insertions : la postérieure se fait dans le quart antérieur d'un anneau, et l'antérieure dans le quart postérieur de l'anneau suivant. Du point où se fait cette dernière insertion, part le faisceau suivant, et ainsi de suite d'anneau en anneau.

Les faisceaux obliques situés entre la série supérieure et la série moyenne se disposent de la manière suivante :

Il y a un faisceau descendant (A) qui part de l'insertion postérieure d'un faisceau longitudinal supérieur pour se rendre à l'insertion antérieure du faisceau longitudinal moyen correspondant. Il y en a un ascendant (B) qui part de l'insertion postérieure du faisceau longitudinal moyen pour se rendre à l'insertion antérieure du faisceau longitudinal supérieur correspondant. Le faisceau ascendant croise le faisceau descendant, mais il le recouvre toujours.

Il y a en outre un faisceau ascendant (C) qui part comme le précédent (B) de l'insertion postérieure du faisceau longitudinal moyen, mais se dirige plus directement en haut, et au lieu d'atteindre le quart antérieur de l'anneau, se termine dans son tiers postérieur près de la ligne médio-dorsale. Ce faisceau, beaucoup

plus court que les deux précédents, est le plus superficiel.

La description des faisceaux obliques situés entre la série longitudinale moyenne et la série longitudinale inférieure est un peu plus compliquée.

Il y a un faisceau ascendant (E) qui part de l'insertion postérieure d'un faisceau longitudinal inférieur pour aller s'insérer dans le quart antérieur de l'anneau suivant en un point (X) situé à l'union du tiers inférieur de la hauteur du corps avec les deux tiers supérieurs. Il y en a un descendant (F), qui part du point X pour aller se terminer près de l'insertion antérieure du faisceau longitudinal inférieur correspondant. Le faisceau F est le plus superficiel.

Du point X partent deux faisceaux ascendants qui sont situés dans le tiers moyen de la hauteur du corps.

L'un (G) se dirige en avant et se prolonge un peu au delà de la moitié de l'anneau sans atteindre le faisceau longitudinal moyen; l'autre (H) se dirige en arrière et presque directement en haut pour se terminer sur l'insertion antérieure du faisceau longitudinal moyen.

Le faisceau musculaire H mérite une attention spéciale; car au lieu de s'étendre, comme les autres, entre deux anneaux du corps, il est tout entier renfermé dans un même anneau, et semble avoir pour fonction de rattacher les deux groupes des faisceaux musculaires, dont l'un correspond à la partie dorsale, et l'autre à la partie ventrale de l'abdomen. On peut le nommer faisceau *intermédiaire*.

La disposition que nous venons de décrire se répète symétriquement de chaque côté du corps. La plupart des segments abdominaux la présentent à son plus haut degré de réalisation. Cependant les deux premiers anneaux abdominaux comptés à partir du thorax sont dépourvus du faisceau G, que, pour cette raison, nous nommerons accessoire.

Dans les deux anneaux postérieurs de l'abdomen, la formule du système musculaire est modifiée d'une manière remarquable. Ces deux anneaux ne sont pas aussi distinctement séparés que les huit autres. Le sillon dorsal est bien visible, mais le sillon ventral est effacé. La disposition des muscles correspond à cette particularité. Du côté dorsal, il y a un faisceau longitudinal supérieur qui s'étend entre la partie antérieure du neuvième anneau et la partie antérieure du dixième, sans se prolonger au delà; tandis que du côté ventral un long faisceau

longitudinal inférieur parcourt sans se segmenter toute la longueur des deux anneaux. Il n'y a pas de faisceau longitudinal moyen. Mais un faisceau correspondant à la série A s'étend en diagonale de la partie antérieure et supérieure du neuvième anneau à la partie inférieure et postérieure du dixième. Un faisceau oblique, correspondant à la série E, croise celui-ci en s'étendant jusqu'à la ligne médio-dorsale. Le faisceau intermédiaire et le faisceau accessoire n'existent plus. Mais il y a de petits faisceaux surnuméraires destinés à mouvoir plusieurs appendices.

Au thorax, la formule se modifie d'une autre manière.

Trois faisceaux longitudinaux inférieurs, placés l'un à la suite de l'autre, indiquent les trois divisions segmentaires du thorax. Au-dessus d'eux, il n'existe pas de faisceaux appartenant à la série ascendante E, si ce n'est à l'extrémité antérieure d'où part un faisceau qui va gagner la nuque. Les faisceaux de la série oblique descendante F sont représentés par deux faisceaux parallèles aux précédents, dont le premier parcourt les deux tiers postérieurs du thorax, et le second se prolonge jusqu'à l'angle inférieur et postérieur de la tête qu'il peut à la fois abaisser et incliner sur le côté. Un seul faisceau intermédiaire se fixe au point de séparation de ces deux derniers, et du même point émane un faisceau accessoire qui va se terminer à la nuque. Le thorax présente en outre un second faisceau accessoire qui, du premier anneau abdominal, s'étend sur son segment postérieur.

Il y a trois faisceaux longitudinaux moyens dont l'antérieur se termine à la nuque; un faisceau oblique descendant de la série B pour le segment thoracique postérieur; un seul faisceau longitudinal supérieur parcourant toute la longueur du thorax et se terminant à la nuque; et enfin deux faisceaux obliques de la série C, l'un postérieur, l'autre antérieur. Ce dernier faisceau oblique présente une particularité remarquable en ce qu'il dépasse la ligne médio-dorsale et s'entre-croise avec celui du côté opposé, entre-croisement qui n'a lieu dans aucune autre partie du corps de cette larve.

Un peu en avant du thorax, sur la partie intermédiaire au thorax et à la tête, c'est-à-dire le cou, en un point que l'on peut appeler la nuque, il existe une sorte de bouquet anatomique d'où rayonnent un certain nombre de faisceaux musculaires. En arrière, ce sont les faisceaux thoraciques dont nous avons

parlé; en avant, ce sont : un faisceau supérieur allant au sommet de la tête dont il est le releveur; un faisceau descendant latéral pouvant correspondre à l'intermédiaire, s'insérant sur le côté de la tête qu'il relève et meut sur le côté; un long faisceau qui s'étend jusqu'au bout de l'extrémité effilée de la tête où il s'attache à un appendice dont il est le releveur.

On voit en outre deux faisceaux qui, du sommet de la tête, descendent directement en bas sur une patte mâchoire dont ils sont les moteurs. Enfin, des faisceaux buccaux et œsophagiens viennent compléter l'ensemble du système.

Cette description, à part quelques détails, se rapproche beaucoup de celle que l'on trouve dans l'ouvrage de Lyonnet sur la chenille du saule et de M. Strauss-Durkheim sur les animaux articulés en général et sur le Hanneton en particulier.

Tous les faisceaux musculaires que nous avons décrits appartiennent à la couche longitudinale; il n'existe pas de couche circulaire. La seule trace de cette couche existe dans les faisceaux qui s'insèrent aux pattes mâchoires. L'absence d'appendices locomoteurs explique d'ailleurs en partie celle de la couche circulaire. Il résulte d'un autre côté, de cette circonstance, qu'il n'y a pas de couche cutanée proprement dite, et que les filets nerveux qui se rendent à la base de quelques poils saillants à la surface du corps sont uniquement destinés au sentiment. Comme d'ailleurs ces filets émanent directement de la chaîne ganglionnaire par une racine spéciale dont une partie vient se réunir au nerf musculaire, on peut affirmer avec certitude qu'il y a chez les Insectes, comme chez les Mammifères, des racines sensitives et des racines motrices.

Ce fait important que M. Gratiolet a enseigné dans ses cours d'anatomie comparée, dès avant l'année 1850, a été vu depuis et publié par M. Leydig. Confirmé par plusieurs témoignages, il appartient désormais au domaine de la science. »

— M. Alix a adressé aussi la note suivante, dans la même séance du 12 décembre :

« M. Strauss-Durkheim vous a adressé une réclamation de priorité relativement aux communications que j'ai eu l'honneur de faire à la Société philomathique dans les séances du 30 mai et du 6 juin 1865, sur le mécanisme des mouvements de l'avant-bras chez les Oiseaux. Je me fais un devoir de reconnaître que M. Strauss a indiqué les mêmes faits dans son ouvrage intitulé :

Théologie de la nature, publié en 1852, aux pages 280, 282, 290 et suivantes du tome Ier.

» Je n'avais pas lu cet ouvrage, et je le regrette, car il est comme le résumé d'une vie consacrée à la science et contient plus d'une vérité importante. Je ne veux pas chercher à m'excuser en disant que je ne pouvais penser à vérifier des détails d'anatomie dans un livre intitulé *Théologie de la nature*, puisque Descartes a bien pu décrire la circulation du sang dans un discours sur la méthode, et qu'il était libre à M. Strauss de s'autoriser d'un tel exemple. Je n'invoquerai pas non plus en ma faveur cette circonstance que ma communication est extraite d'un travail exécuté en 1850, avec intention de le publier immédiatement, et que le livre de M. Strauss n'a été publié qu'en 1852; car il est probable que M. Strauss avait déjà fait ses observations depuis plusieurs années. Mais pour juger que je n'ai fait d'emprunt à personne, il peut suffire de mettre en regard les deux textes. Il sera facile de voir que, si nous avons employé les mêmes facteurs, nous ne les avons pas écrits dans le même ordre et n'avons pas adopté la même manière de les mettre en évidence, et enfin que la conception n'est pas identique, ce qui exclut toute idée de copie ou d'imitation. Ajoutons à cela que le lecteur attentif trouvera dans la description de M. Strauss quelques détails qui ne sont pas dans la mienne, et, dans ma description, quelques détails qui n'existent pas dans celle de M. Strauss.

» Je cède volontiers à M. Strauss le droit de priorité, heureux de voir un homme aussi distingué attacher la même importance aux faits sur lesquels s'est portée mon attention, et confirmer par son autorité des résultats que je voudrais avoir atteints le premier. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. *Dilatation des corps.* — La Société a reçu dans cette séance de M. Grolous, lieutenant du génie à Metz, des recherches théoriques sur la dilatation des corps. En voici un exposé sommaire.

Lorsqu'un corps se dilate, il se dilate nécessairement sous l'influence de certaines forces. Je me suis proposé, dit l'auteur, de déterminer comment varie, par rapport à la force et aux dimensions du corps, la somme des travaux que ces forces produisent dans la dilatation. J'ai appelé cette somme *travail dépensé dans la dilatation.*

Si le corps se dilate librement dans l'espace, c'est-à-dire s'il n'est soumis à aucune force extérieure qu'assujettisse une ou plusieurs de ces molécules à telle ou telle condition de mouvement ou de repos, j'admets que le phénomène de la dilatation ne donne lieu à aucun déplacement du centre de gravité.

Dans ce cas, je prends le centre de gravité pour origine des coordonnées.

Je suppose le corps homogène se dilatant uniformément dans tous les sens; je trouve alors que le travail dépensé dans la dilatation a une expression de la forme :

$$F(U)\Sigma\rho^2 d^3m;$$

d^3m désigne la masse élémentaire d'une molécule quelconque du corps;

ρ, la distance (avant la dilatation) d'une molécule au centre de gravité;

$\Sigma\rho^2 d^3m$ est la somme de tous les $\rho^2 d^3m$ qui correspondent aux diverses molécules du corps;

U est le rapport dans lequel sont augmentées les dimensions du corps par le fait de la dilatation;

F est une fonction que je ne connais pas.

De cette formule, il résulte que :

Si divers corps sont semblables de forme, s'ils se dilatent tous librement dans l'espace, les travaux dépensés dans les dilatations de ces corps sont proportionnels aux cinquièmes puissances de lignes homologues prises dans ces divers corps.

La forme d'un corps influe sur le travail dépensé dans la dilatation de ce corps.

A égalité de volume, la sphère est de tous les solides celui pour lequel le travail dépensé dans la dilatatation est le moindre.

Si la dilatation d'un corps n'est pas uniforme dans tous les sens, la loi de la cinquième puissance subsiste; mais l'expression du travail dépensé dans la dilatation est changée. Elle est, si θ représente le temps dans lequel s'effectue la dilatation,

$$F(\theta)\Sigma[x^2(U_x-1)^2+y^2(U_y-1)^2+(U_z-1)^2]d^3m.$$

Je suppose ici les axes tellement choisis que la dilatation du corps puisse être considérée comme résultant de trois dilatations partielles :

1° Une dilatation consistant en un écartement des couches du corps parallèles au plan xOy;

2° Une dilatation analogue par rapport au plan xOz;

3° Une autre analogue par rapport au plan yOz.

U_z, U_y, U_x sont les rapports dans lesquels les dimensions sont augmentées d'après ces diverses dilatations.

A égalité de volume, l'ellipsoïde dont l'équation est de la forme :

$$x^2(U_{x-1})^2 + y^2(U_{y-1})^2 + z^2(U_{z-1})^2 = K^2$$

est le solide pour lequel le travail dépensé dans la dilatation est le moindre.

Supposons dans un milieu un point lumineux tendant à porter la température du milieu de t^0 à t'^0. Si, pour ce changement de température, U_x, U_y, U_z sont les rapports dans lesquels les dimensions du corps sont modifiées suivant certains axes, la lumière se propage dans le milieu par ondes ellipsoïdales dont l'équation générale est :

$$x^2(U_{x-1})^2 + y^2(U_{y-1})^2 + z^2(U_{z-1})^2 = K^2,$$

K étant un paramètre variable.

U_x, U_y, U_z sont eux-mêmes des paramètres variables, si l'on tient compte de ce fait que l'élévation de température, vu la variation des distances au point lumineux, n'est pas la même dans les diverses régions du corps.

Si l'on tient compte de ce fait que la production de la chaleur n'est pas instantanée, ce ne sont plus $(U_{x-1})^2$, $(U_{y-1})^2$, $(U_{z-1})^2$ qu'il faut prendre pour coefficients de x^2, y^2, z^2, dans l'équation d'un ellipsoïde d'onde au bout du temps t, mais bien les rapports

$$\left[\frac{d(U_x)}{dt}\right]^2, \quad \left[\frac{d(U_y)}{dt}\right]^2, \quad \left[\frac{d(U_z)}{dt}\right]^2.$$

Toutefois, je donne ces derniers résultats sous toutes réserves. Je les signale ici à cause de l'intérêt qu'ils présentent et du jour qu'ils peuvent jeter sur la théorie de la réfraction.

Si un corps est assujetti à avoir un point fixe, l'expression du travail est, si la dilatation est uniforme,

$$F(U)\Sigma\rho^2 d^3m.$$

ρ désignant cette fois non pas la distance d'une molécule au centre de gravité, mais bien la distance d'une molécule au point

fixe que je prends actuellement pour origine des coordonnées. F(U) est la même fonction que dans le cas du corps libre dans espace.

Cette expression diffère donc de celle que j'ai donnée tout à l'heure. J'explique cette différence en observant que le point n'est maintenant fixe qu'à la condition d'être retenu à sa position par une force extérieure qui produit nécessairement un certain travail dans la dilatation.

$\Sigma\rho^2 d^3 m$ est minimum lorsque le point fixe est le centre de gravité lui-même.

Si un corps repose sur un plan, sa dilatation donnera lieu à la moindre dépense de travail, à égalité de volume, lorsque le corps sera une demi-sphère reposant sur le plan par sa face plane.

Les résultats précédents intéressent la recherche des chaleurs spécifiques sous volume constant. En effet, la chaleur n'est qu'une variété du travail mécanique. Sous l'influence de forces tendant à produire un travail donné, un corps s'échaufferait davantage s'il ne se dilatait pas.

Séance du 26 *décembre* 1863.

ANATOMIE COMPARÉE. *Sur l'existence d'un muscle carré pronateur à la face dorsale de la jambe, chez le Phascolome* (Phascolomys Wombat).— M. Alix a fait dans cette séance la communication suivante :

La myologie des membres postérieurs du Phascolome offre plusieurs particularités intéressantes, également capables de fixer l'attention de l'anatomiste philosophe, soit qu'il recherche la manière dont le type des Vertébrés varie dans les différentes classes qui le composent, soit qu'il s'applique uniquement à saisir les modifications déterminées par divers animaux par le genre de vie auquel ils ont été destinés.

Chez le Phascolome, le ligament interosseux qui unit le péroné au tibia est revêtu de fibres musculaires sur sa face antérieure aussi bien que sur sa face postérieure. Du côté de la face postérieure (ou plantaire), c'est une couche de fibres musculaires dirigées du péroné vers le tibia, très-obliquement et même presque longitudinalement. Cette couche musculaire reproduit à la jambe le carré pronateur de plusieurs Mammifères (tels que le Chat, par exemple), chez qui ce muscle occupe

presque toute la hauteur de l'avant-bras, au lieu de n'en occuper que le cinquième inférieur environ, comme dans l'Homme.

Du côté de la face postérieure ou dorsale de la jambe, le développement des fibres musculaires est bien autrement remarquable. Il existe, dans les deux tiers supérieurs, une bande musculaire peu épaisse, dirigée obliquement du tibia vers le péroné; puis, dans le tiers inférieur, une bande musculaire beaucoup plus forte dirigée dans le même sens. Mais ce n'est pas tout. Car, si l'on divise cette dernière bande, on voit qu'elle recouvre une couche épaisse de fibres musculaires dont les plus supérieures sont dirigées obliquement du péroné vers le tibia, et les plus inférieures presque transversalement.

Ce muscle, *disposé comme un carré pronateur*, *mais placé à la face dorsale*, est destiné à imprimer au péroné un mouvement de rotation autour du tibia. Il détermine, en se contractant, une pronation exagérée par suite de laquelle la plante du pied vient regarder en dehors. Les muscles qui lui servent d'antagonistes, et en particulier le muscle interosseux postérieur que nous venons aussi de décrire, ramènent la jambe et le pied dans leur position de repos qui est la simple pronation.

Si l'on examine le squelette, on voit que l'extrémité inférieure du péroné présente une facette articulaire légèrement concave, d'environ 7 millimètres de long, qui s'applique à une facette convexe du tibia, décrivant un quart de cercle dont la longueur atteint 1 centimètre et demi. La rotation de l'extrémité inférieure du péroné autour de celle du tibia se fait par conséquent dans l'étendue de 1 centimètre.

Ces deux facettes n'ont d'ailleurs que très-peu de hauteur, le péroné n'exécutant sur le tibia aucun mouvement de glissement suivant sa longueur. La disposition de l'articulation péronéo-tibiale supérieure est également en rapport avec le mouvement de rotation du péroné : la tubérosité externe du tibia, s'avançant au-dessus de la tête du péroné, offre à celle-ci une facette plane, à peine oblique en dehors, sur laquelle cette tête élargie glisse avec facilité par une facette presque perpendiculaire à l'axe de la diaphyse.

La tête du péroné se prolonge en arrière en une longue apophyse dont la racine s'articule avec le condyle externe du fémur par une facette un peu concave également capable de permettre le mouvement de rotation.

Mais ce qui est surtout remarquable, c'est la disposition de

l'astragale et des surfaces articulaires inférieures du tibia. L'astragale, qui offre ici une grande analogie avec ce que l'on voit chez les Singes dits anthropoïdes, l'Orang, le Chimpanzé, le Gorille, présente, du côté du péroné, une facette articulaire qui regarde en dehors et en haut ; la poulie, assez large, et presque sans profondeur, est légèrement inclinée en dedans ; enfin la facette interne regarde en haut, son plan ne formant avec celui de la poulie qu'un angle très-obtus. Ce qui est particulier au Phascolome, c'est que cette dernière facette est divisée par une saillie médiane en deux autres, dont l'une regarde un peu en arrière et l'autre un peu avant. La même division existe pour la surface correspondante du tibia, en sorte que, suivant la position de l'astragale, qui se trouve toujours en rapport avec celle du péroné, ce sont, tantôt les deux facettes antérieures, tantôt les deux facettes postérieures qui entrent en contact, suivant que la jambe se trouve ou simplement en pronation, ou en pronation exagérée.

La pronation exagérée de la jambe et du pied du Phascolome est augmentée ou complétée par un léger mouvement de rotation de la jambe sur la cuisse en dedans, mouvements auxquels contribuent d'une part les muscles de la patte d'oie, et d'autre part le moyen et le petit fessier. Au pied même, ce mouvement favorisé par l'énergie des muscles péroniers latéraux, dont le long faisceau se prolonge jusqu'à la base du premier os métatarsien, semble aussi être en rapport avec le volume des deux doigts externes, et le développement de l'éminence hypothénar dont les muscles sont aussi remarquables par leur ampleur que ceux de l'éminence thénar le sont par leur réduction.

Il faut en même temps remarquer le développement des muscles antagonistes, rotateurs de la cuisse en dehors, principalement le pyramidal, et surtout le carré de la cuisse qui s'étend jusqu'à la partie inférieure du fémur.

Le biceps, fléchisseur de la jambe, et rotateur en dehors, quoique réduit à sa longue portion, est également très-développé, il s'attache en partie à l'apophyse de la tête du péroné.

Cette apophyse, par sa forme et sa saillie, répète en quelque sorte, au sommet de la jambe, la forme et la saillie de l'apophyse calcanienne, laquelle, creusée à sa partie interne, pour le passage des muscles fléchisseurs, sur lesquels elle se recourbe en crochet, offre à s'y méprendre l'aspect d'un pisiforme soudé à son pyramidal.

A sa partie antérieure, le calcanéum s'articule avec le cuboïde par une surface un peu concave dans laquelle s'enfonce une légère convexité de ce dernier os, nouvelle circonstance en rapport avec le mouvement de rotation, et avec le développement de l'éminence hypothénar.

Le Phascolome est un animal fouisseur, il se creuse un terrier; la pronation exagérée dé la jambe et du pied se trouve en rapport avec cette circonstance; mais, en outre, il marche à terre et il grimpe sur les arbres : de là toutes les dispositions dont les unes ont pour résultat de maintenir la jambe et le pied dans une position moyenne, les autres de produire la rotation de la cuisse en dehors afin de ramener en dedans la plante du pied.

GÉOMÉTRIE. — Dans la note suivante, communiquée aussi à la Société dans cette séance, M. de la Gournerie fait connaître quelques théorèmes relatifs aux sections coniques tangentes à quatre mêmes cercles concentriques.

Un point étant donné dans le plan d'une conique connue, mais non sur elle, on peut toujours déterminer une conique, non superposable à la première, et telle que les normales (réelles ou imaginaires) abaissées du point sur les deux courbes soient égales deux à deux.

Ces coniques sont de même genre; elles jouissent, par rapport au point, de plusieurs propriétés réciproques. Pour donner plus de précision aux énoncés, on considérera le point comme une origine à partir de laquelle on mesure des rayons vecteurs, et on supposera que les deux coniques sont des ellipses.

1° Le grand axe de l'une des ellipses est égal à la somme des rayons vecteurs des foyers de l'autre.

Le point est extérieur à l'une et intérieur à l'autre.

2° Les différences des rayons vecteurs des foyers sont égales dans les deux ellipses;

3° Les hypothénuses des triangles rectangles construits sur le rayon vecteur du centre et le demi-grand axe ou le demi-petit axe, sont égales dans les deux ellipses.

Les excentricités absolues des ellipses sont égales.

4° Si une hyperbole homofocale de l'une des ellipses est transportée et placée de manière à voir les mêmes foyers que l'autre, les rayons vecteurs des points où elle coupera successivement ces deux courbes seront égaux deux à deux.

Les rayons vecteurs des sommets des ellipses sont égaux deux à deux.

Les pieds des normales abaissées du point sur les deux ellipses, appartienne à une même hyperbole successivement homofocale de l'une et de l'autre.

5° Si le point se meut sur une ellipse homofocale de l'une des ellipses, l'autre ellipse se transportera sans se modifier.

Il n'existe qu'une ellipse qui satisfasse à ces conditions, mais elle peut occuper une infinité de positions différentes; quand on l'a déterminée dans une de ses positions, on obtient toutes les autres en la faisant tourner autour du point, et en la renversant dans des situations symétriques par rapport aux droites qui passent par le point.

La seule relation indépendante de la position du point qui existe entre les deux ellipses consiste en ce que leurs excentricités absolues sont égales. Quand deux ellipses satisfont à cette condition, si l'une d'elles est fixe, il y a sur son plan une infinité de points tels, que l'ellipse qui jouit avec elle des propriétés énumérées plus haut, par rapport à l'un d'eux, est égale à la seconde. Le lieu de ces points est une ellipse homofocale de la première et superposable à la seconde.

— M. de Caligny a communiqué également dans cette séance ses conclusions sur ses expériences relatives aux écluses de navigation, mentionnées dans la séance du 7 novembre dernier. Il a communiqué encore quelques observations générales sur la transformation des pompes et des machines élévatoires en moteurs hydrauliques, notamment sur les roues à colonne d'eau.

Il a déjà réduit à six le nombre des périodes de son appareil qui vide une écluse de navigation en relevant une partie de l'eau au bief supérieur, quoique le tuyau de conduite n'ait qu'un mètre de diamètre intérieur, et que la section de l'écluse soit à peu près égale à celle des écluses du canal du Centre. Il ne doute pas qu'on ne puisse réduire encore le nombre de ces périodes, même sans rien changer à l'appareil existant, d'autant plus que le versement par deux tuyaux verticaux, un peu au-dessus du bief supérieur, permet au besoin, pour des vitesses assez grandes, de faciliter le dégorgement qui occasionnait, quand il n'y avait qu'un seul de ces tubes, un gonflement supérieur plus élevé, nécessaire pour engendrer des vitesses de sortie capables de débiter toute l'eau relevée. L'auteur remarque d'ailleurs, en comparant ses nouvelles expériences à celles qu'il avait faites un peu moins en grand en 1851, que l'augmentation de longueur du tuyau de

conduite permet de diminuer, comme la théorie le lui indiquait, et comme il l'avait déjà vérifié en petit, le nombre des périodes de l'appareil. Il en conclut qu'il doit être facile, avec un tuyau de conduite en maçonnerie de longueur et de section convenables, de faire l'opération totale de la vidange en une seule période. Or, quand même il en faudrait deux ou trois, ou même plus, il n'y aurait point à s'embarrasser de la marche automatique de l'appareil; car l'éclusier n'aurait pas plus de peine à le faire fonctionner, le nombre de périodes étant très-petit, qu'à ouvrir et fermer les ventelles de portes d'écluses en usage. On pourrait même supprimer ces ventelles, dont les inconvénients sont très-connus. Il est d'ailleurs à remarquer que les dispositions qui auraient été nécessaires pour la marche automatique peuvent être supprimées; cela permet de diminuer les efforts de l'éclusier pour la mise en marche de l'appareil.

Les mêmes remarques sont applicables, dit-il, aux cas où l'appareil est employé à remplir l'écluse, en tirant une partie de l'eau du bief inférieur. Il résulte en effet des expériences communiquées à la Société en 1847, et qui ont été l'objet d'un rapport favorable de M. Belanger au conseil général des Ponts et Chaussées, que lorsque cette opération se faisait, dans un petit modèle non automatique, l'effet utile ne différait pas assez de celui de l'opération de vidange pour qu'on ne soit point aujourd'hui parfaitement éclairé sur ce qui a lieu dans ce cas. Il n'y a donc pas non plus à se préoccuper de la marche automatique pour le remplissage. On peut d'ailleurs évaser l'extrémité du tuyau de conduite qui débouche dans l'écluse, de manière à avoir encore moins à se préoccuper des vitesses de ce côté. Il est utile de savoir qu'on peut faciliter la première mise en train, aussi pour l'époque du remplissage, en modifiant des détails qui avaient été rendus nécessaires pour l'étude de la marche automatique.

M. de Caligny regarde donc la question comme complétement approfondie. Après avoir retourné la question de diverses manières et varié les manœuvres, il en revient à peu près, en définitive, aux premières idées sur ce sujet qu'il avait communiquées à la Société en 1844, époque à laquelle il regardait comme possible de vider une écluse par une seule oscillation, et de la remplir aussi par une seule oscillation, ce qui, dans la réalisation en grand, l'avait ensuite effrayé à tort.

Il est d'ailleurs intéressant de remarquer, quand même il y aurait plusieurs oscillations, pourvu qu'elles fussent assez peu

nombreuses, comme on l'a dit ci-dessus, qu'il n'y aurait plus à craindre, comme dans ses premiers essais, qu'on laissât dans l'écluse une masse d'eau non utilisée, qu'il faudrait ensuite laisser écouler comme on pourrait, par le tuyau resté ouvert ou par d'autres moyens, parce que les choses pourraient être disposées de manière que la dernière oscillation de vidange mettant l'écluse au niveau du bief d'aval, ce qui resterait d'eau dans cette écluse au-dessus du niveau de ce bief agirait jusqu'à la dernière limite d'une manière utile. On peut faire une remarque analogue pour l'époque du remplissage, c'est-à-dire que les choses peuvent être disposées de manière à éviter d'avoir à achever de remplir l'écluse, quand l'appareil ne pourrait plus fonctionner d'une manière utile, s'il y avait beaucoup de périodes.

L'auteur rappelle que, dans la séance du 28 février 1844, il s'est appuyé sur une remarque de M. Guenyveau, relative à la manière de transformer une pompe en un récepteur hydraulique. On n'a peut-être pas observé, dit-il, que cette remarque, qu'il croyait présentée d'une manière plus générale par M. Guenyveau, pourrait être beaucoup plus utile étant généralisée et qu'au besoin, avec quelques modifications dont il donne un exemple dans la séance dont il s'agit, on pouvait transformer en récepteurs hydrauliques un nombre considérable d'appareils élévatoires.

Par exemple, dit-il, il est facile de transformer des pompes rotatives en roues hydrauliques mues par une chute d'eau, en changeant le sens du mouvement. On pourrait les appeler *roues à colonne d'eau*. Ces roues seraient susceptibles d'être disposées dans des plans très-différents, selon les besoins de la pratique. M. de Caligny a hésité avant de communiquer cette idée dont l'extrême simplicité lui fait penser qu'elle n'est peut-être pas nouvelle. Mais il avait eu la même hésitation pour la turbine à *lames liquides oscillantes*, qu'il a communiqué dans la séance du 20 novembre dernier. Or, depuis cette époque, il a consulté sur ce sujet M. le général Poncelet lui-même, qui n'a pas connaissance que personne en ait encore fait la proposition formelle.

FIN DU VOLUME DE 1863.

Paris. — Imprimerie L. GUÉRIN, rue du Petit-Carreau, 26.

1632

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01526 6729